DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

J. BARTELS E. BEDERKE H. BROCKMANN P. TEN BRUGGENCATE C. W. CORRENS H. v. FICKER
R. GRAMMEL O. HAHN R. HARDER M. HARTMANN W. HEISENBERG A. KÜHN M. v. LAUE
H. MARTIUS R. W. POHL H. REIN E. SCHMIDT

HERAUSGEGEBEN VON

ARNOLD EUCKEN

ORGAN DER MAX PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

36. JAHRGANG HEFT 12 (353—384) 1949

INHALT:

Max von Laue. Von E. Lamla 353

Erinnerungen an die Entdeckung der Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. Von W. Friedrich 354

Die Linearität der elektrodynamischen Gleichungen von Maxwell. Von P. Kunze . . . 356

Feste Gashydrate. (Fortsetzung und Schluß.) Von M. v. Stackelberg 359

Die Stoffwechselkinetik des menschlichen Eies. Von E. Blechschmidt 363

Berichte.

Objektive Begründung von Klimasummenmaßen. Von H. Wachter. 370

Kurze Originalmitteilungen.

Beziehung zwischen den magnetischen Tagesvariationen und der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes. Von K. Burkhart . . 372

Wachsen des Siliciums beim Erstarren. Von H. v. Wartenberg 373

Über orientierte Verwachsungen von Kristallen organischer Verbindungen. Von J. Willems 373

Flammenspektren und Kinetik von Radikalreaktionen. Von H. Behrens 374

Verwendung chemischer Reaktionen zur akustisch-optischen Bildwandlung. Von H. Rust, R. Haul und H. J. Studt . . 374

Nachweis der Galaktose als charakteristische Adsorptionskomponente an Asbest. Von L. Holzapfel und W. Engel 375

Die Bestimmung des physikalisch gelösten Sauerstoffs in biologischen Flüssigkeiten mit der Quecksilbertropfelektrode. Von H. Bartels 375

Actinomycin C. Von H. Brockmann und N. Grubhofer . . 376

Konstitution und Synthese des Ammodendrins. Von C. Schöpf und F. Braun 377

Der Einfluß von Eiweißen auf ein Cholesterinsol. Von F. Hartmann. 378

Phosphatunterschiede im Urin von Tumorkranken und Gesunden bzw. Operierten. Von V. Larsen 379

Aufhebung der Mitosegiftwirkung des Colchicins durch herzwirksame Glykoside an Hühnerherzfibroblasten in vitro. Von Chr. Landschütz 379

Über polyploide Ruhekerne bei Cruciferen. Von A. Reitberger 380

Über den Einfluß von Ultraschall auf Aspergillus niger. Von E. Küster und H. Theismann 380

Über die Letalschädigung von Drosophila-Eiern durch Röntgenstrahlen und schnelle Elektronen eines 6 MeV-Betatrons. Von H. Faß, G. Höhne, W. Paul und G. Schubert 381

Berichtigung 382

Besprechungen.

Hartmann, M., Die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaft. (Ref.: E. Bünning) . 382

Finkelnburg, W., Einführung in die Atomphysik. (Ref.: F. Sauter) 382

D'Ans, J. und Lax, E., Taschenbuch für Chemiker und Physiker. (Ref.: W. Hunsmann) . . . 383

Went, F. W., The Earhart Plant Research Laboratory. (Ref.: R. Harder) 383

Ausgegeben im Dezember 1949.

THEORIE DER SUPRALEITUNG

von **Max von Laue,** Göttingen 1949

Zweite Auflage · Mit 37 Textabbildungen · 114 Seiten · DMark 16.40

INHALTSÜBERSICHT:

EINLEITUNG: Die Grundlegenden Tatsachen. - Die Stromverteilung zwischen parallel geschalteten Supraleitern. - Die Grundgleichungen der Maxwell-Londonschen Theorie. - Raumladungen im kubischen Supraleiter. - Die Erhaltung der Energie. - Die Telegraphengleichung für kubische Supraleiter. - Stationäre Felder. - Der stromdurchflossene Draht. - Der stromdurchflossene Hohlzylinder. - Der Zylinder im homogenen Magnetfeld. - Die Kugel im homogenen Magnetfeld. - Dauerströme. - Die Maxwell-Londonschen Spannungen. - Das elektrodynamische Potential. - Elektrische Wellen in kubischen Supraleitern. - Der Hochfrequenzwiderstand der Supraleiter. - Die Thermodynamik des Übergangs von Normal- zum Supraleiter. - Der Grenzwert der magnetischen Feldstärke für „dünne" Supraleiter. - Der Zwischenzustand. - Eine nichtlineare Erweiterung der Theorie (Zusatz bei der Korrektur). - Mathematischer Anhang [Beweis der Gleichung (14. 8.)]. - Namen und Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen vorerst etwa halbmonatlich und können durch jede Sortimentsbuchhandlung bezogen werden. Preis für 12 Hefte mit zusammen etwa 24 Druckbogen 24.— Mark, für das einzelne Heft 2.50 Mark zuzüglich Postgebühren.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen nimmt die Anzeigenabteilung des Verlages Berlin W 35, Reichpietschufer 20 (Britischer Sektor), Fernsprecher 91 29 37 entgegen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag

Berlin-Charlottenburg 2 Jebensstraße 1 — **Göttingen** Weender Straße 60

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichungen zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten: für diese ist die Rubrik „K.O.M." („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platz- und Papiermangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne K.O.M. nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Autoren, namentlich solche, welchen die Gepflogenheiten bei Veröffentlichungen in den „Naturwissenschaften" noch nicht bekannt sind, werden gebeten, in die ausführlichere Darstellung der allgemeinen redaktionellen Richtlinien Einblick zu nehmen, welche in Heft 1 des 33. Jahrgangs abgedruckt sind. Ergänzend sei hier bemerkt, daß die Rubrik „Tagesnotizen" in Zukunft nicht fortgeführt wird, daß also Einsendungen für diese zwecklos sind.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Bürgerstraße 50.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Bei photographischen Abbildungen (Autotypien) kann das Druckergebnis auf dem heute zur Verfügung stehenden Papier nur in seltenen Fällen wirklich befriedigen. Es ist deshalb ratsam, Autotypien nach Möglichkeit zu vermeiden. In vielen Fällen läßt sich das Wesentliche durch eine Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren erhalten in jedem Fall eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung (mit einem Vermerk, ob der Beitrag druckfertig oder eine Revision erforderlich ist) erbeten wird.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Neue Entwicklungen auf dem Gebiete der Chemie des Acetylens und Kohlenoxyds

Von Dr. phil. Dr. phil. nat. h. c. Dr.-Ing. eh.

WALTER REPPE

Direktor der Badischen Anilin- und Sodafabriken, Ludwigshafen/Rhein, Leiter der Forschungslaboratorien

Mit 40 Textabbildungen · VIII, 184 Seiten · 1949 · DMark 21,—; Ganzleinen DMark 24,60

Als „Reppe-Chemie" oder „Die Neue Chemie" wird in der Fachwelt kurzweg der Kreis von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bezeichnet, durch die der derzeitige Leiter des wissenschaftlichen Hauptlaboratoriums der Badischen Anilin- und Sodafabrik weltbekannt geworden ist. Seiner genialen Unvoreingenommenheit und unermüdlichen Zähigkeit verdankt die Organische Chemie eine ungeahnte Ausweitung der synthetischen Möglichkeiten. Von diesen Untersuchungen, vor wenigen Jahren noch Betriebsgeheimnis und nur durch Patentschriften in groben Umrissen bekannt, ist erst nach Kriegsende durch die sofort einsetzende Exploration durch die Siegermächte der Schleier gezogen worden. Das vorliegende Werk ist die erste größere systematische Darstellung, die der Erfinder selbst der weiteren Fachwelt bietet. Es geht jeden Chemiker, insbesondere jeden organischen Chemiker an.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

36. Jahrgang Heft 12*) 1949

Max von Laue.

Zum 9. Oktober 1949.

Von Ernst Lamla, Göttingen.

Wenn am 9. Oktober 1949 zum 70. Male der Tag sich jährt, an dem Max von Laue in Pfaffendorf bei Koblenz das Licht der Welt erblickte, dann wird seiner nicht nur in Deutschland, sondern in der ganzen Welt — und keineswegs nur in Physikerkreisen — gedacht werden. 1929 und 1939 hat kein Geringerer als Max Planck in dieser Zeitschrift die wissenschaftliche Leistung Laues gewürdigt; ich kann und will nicht wiederholen, was schon besser und von berufenerer Seite gesagt worden ist. Die Feststellung Plancks, daß Laues Lebensarbeit überaus reich und umfassend ist, gilt auch für das letzte Jahrzehnt, der Ungunst der Zeit zum Trotz. Immer wieder hat Laue zu aktuellen Problemen der Physik das Wort ergriffen und Wesentliches oder Entscheidendes zu ihrer Lösung beigetragen. Gerade die allerletzten Jahre haben uns auch mehrere zusammenfassende große Werke aus seiner Feder beschert.

Laue promovierte 1904 bei Planck in Berlin mit einer Arbeit über „Interferenzerscheinungen an planparallelen Platten". Das Gebiet der Interferenz hat ihn auch späterhin immer wieder stark angezogen; auf ihm liegt auch die Entdeckung, die ihn allgemein bekannt und weltberühmt gemacht hat, die Auffindung der Röntgenstrahlinterferenzen. Diese Entdeckung bietet geradezu ein klassisches Beispiel dafür, daß auch in einer Experimentalwissenschaft wie der Physik aus der rein theoretischen Schau, der gedanklichen Analyse und Synthese das Neue entspringen kann, das dann durch das Experiment nachzuprüfen und zu bestätigen ist, und daß große und entscheidende Fortschritte oft auf Überlegungen beruhen, die überraschend einfach, doch eben gerade dadurch revolutionär sind und außerhalb der gewohnten Gedankenbahnen liegen. Diejenigen unter den älteren Physikern, die der denkwürdigen Sitzung der Berliner Physikalischen Gesellschaft am 14. Juni 1912 beigewohnt haben, auf der Laue von seinen Arbeiten über Röntgenstrahlinterferenzen berichtete, erinnern sich noch heute der ungeheuren Spannung, die sich während des Vortrags allmählich dem ganzen großen Auditorium mitteilte und die sich schließlich am Ende in einem gewaltigen Beifallssturm entlud. Die Veröffentlichung erfolgte in den Sitzungsberichten der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Die durch Sommerfeld am 8. 6. 1912 vorgelegte erste Arbeit enthielt einen theoretischen Teil von Laue und einen experimentellen Teil von Friedrich und Knipping; die zweite Arbeit, am 6. 7. 1912 vorgelegt, gibt die quantitative Auswertung der gewonnenen Photogramme. Die erste Arbeit beginnt mit einem kurzen Hinweis auf die Entdeckung von Barkla (1911), daß die Röntgenstrahlen in der Materie zerstreut werden wie das Licht in trüben Medien, und daß sie ferner die Atome zur Eigenstrahlung anregen. Dann heißt es weiter: „Andererseits ist schon seit 1850 durch Bravais in die Kristallographie die Theorie eingeführt, daß die Atome in den Kristallen nach Raumgittern angeordnet sind. Wenn die Röntgenstrahlen wirklich in elektromagnetischen Wellen bestehen, so war zu vermuten, daß die Raumgitterstruktur bei einer Anregung der Atome zu freien oder erzwungenen Schwingungen zu Interferenzerscheinungen Anlaß gibt, und zwar zu Interferenzerscheinungen derselben Natur wie die in der Optik bekannten Gitterspektren." Nach dieser ebenso knappen wie klaren und überzeugenden Einleitung beginnt die Durchführung des Gedankens und die Rechnung — das Ganze umfaßt etwa 8 Seiten. Nachdem der Grundgedanke einmal ausgesprochen worden war, erschien er überaus einfach, ja selbstverständlich, wie es in der Geschichte der Wissenschaften so oft bei wahrhaft genialen Gedanken der Fall ist, und man merkte ihm in keiner Weise mehr an, welche zähe Gedankenarbeit nötig gewesen war, um ihn zu fassen und ihn klar und rein herauszuschälen. Unübersehbar ist die Fülle dessen, was an diese Entdeckung sich anschließt. Röntgen selbst hatte schon alle Eigenschaften der von ihm entdeckten Strahlen aufgefunden und beschrieben bis auf ihre Interferenzfähigkeit. Die Lauesche Entdeckung hat die theoretische und die praktische Bedeutung der Röntgenstrahlen wesentlich erhöht; sie hat den Bereich ihrer Verwendbarkeit außerordentlich erweitert und der Kristallforschung ungeahnte Möglichkeiten eröffnet.

Laue hat in den folgenden Jahrzehnten unermüdlich an dem Ausbau der Interferenztheorie gearbeitet und Entscheidendes zu ihrer Vollendung beigetragen. Die Ergebnisse seiner eigenen und der weit verstreuten und sehr zahlreichen fremden Arbeiten sind zusammengefaßt in seinem Lehrbuch über „Röntgenstrahlinterferenzen" (1941). Die in mancher Hinsicht verwandten Erscheinungen bei Elektronen und andern Korpuskeln behandelt sein Buch „Materiewellen und ihre Interferenzen" (1944), ein Buch, das als eine Ergänzung zu dem ersten angesehen werden kann. Was eine solche Gesamtdarstellung der bisherigen Forschungsergebnisse durch einen Meister des Gebietes für alle bedeutet, die sich mit dem Stoff beschäftigen wollen, braucht nicht herausgestellt zu werden.

Von andern großen Gebieten der Physik, auf denen sich Laue besonders betätigt hat, seien die Thermodynamik, die Relativitätstheorie und das Gebiet der Supraleitung hervorgehoben. Hier sind seine beiden Bücher über die spezielle Relativitätstheorie (1. Auflage 1911, der mehrere andere gefolgt sind) und über die allgemeine Relativitätstheorie (1923) zu nennen. In den letzten anderthalb Jahrzehnten hat sich Laue außer mit Interferenzproblemen besonders viel mit einem neuen Gebiet, mit den Fragen der Supraleitung beschäftigt und die Londonsche Theorie weiter gebildet. Neben vielen Einzelarbeiten ist vor 2 Jahren (1947) sein Buch über die „Theorie der Supraleitung" erschienen.

Schon frühzeitig ist Laues Interesse für die geschichtliche Entwicklung seiner Wissenschaft hervorgetreten. Es ist außerordentlich reizvoll zu sehen, wie er etwa den Gedankengängen Galileis oder Newtons nachspürt und sie klarlegt und aus-

*) *Ausgegeben im Dezember 1949.*

einandersetzt oder wie er, an der Hand geschichtlicher Tatsachen, die Bedeutung der Theorie für den Fortschritt der Physik herausstellt. Die historischen Studien führten ihn zur Abfassung des inhaltreichen Büchleins „Geschichte der Physik" (1946). Es ist selbstverständlich, daß er auch in die Diskussion über den Dualismus Welle-Korpuskel, über die Kausalität und die Ungenauigkeitsrelation vielfach eingegriffen hat, und zwar in bemerkenswerter Weise. Es widerstrebt ihm, aus der Tatsache, daß mit den bisherigen physikalischen Theorien bestimmte Erscheinungen nicht erklärt werden können, in erkenntnistheoretischer Hinsicht zu weit gehende positive Folgerungen zu ziehen. Auch teilte er die von vielen Physikern in den zwanziger Jahren vertretenen positivistischen Auffassungen nicht. In einem Aufsatz aus dem Jahre 1932 weist er z. B. nachdrücklich darauf hin, daß die Newtonsche Mechanik, die die Bahn des für sie charakteristischen „Massenpunktes" bei bekanntem Kraftgesetz als durch Anfangslage und Anfangsimpuls eindeutig bestimmt ansieht, wie jede physikalische Theorie hypothetische Elemente und darum von vornherein den Todeskeim in sich getragen habe; „und nun ist eingetreten, was über kurz oder lang geschehen mußte. Tatsachen haben sich ergeben, welche die in der Mechanik liegenden Hypothesen widerlegen". Die Laueschen Überlegungen stellen sich durchaus auf den Boden der neuen Entwicklung; aber sie mahnen zur genauen Prüfung und zur Vorsicht gegenüber vorschnellen und zu weit gehenden Folgerungen erkenntnistheoretischer Art.

Man würde ein durchaus unvollständiges Bild von Max von Laue entwerfen, wollte man nur seine wissenschaftliche Bedeutung hervorheben, so überragend und wesentlich sie auch ist, und würde man nicht auch seine Eigenschaften als Lehrer und als Mensch kennzeichnen. Freilich, große Vorlesungen zu halten, hat er gern vermieden, wenn es möglich war, auch in den Jahren, als er Ordinarius in Berlin war. Aber als Leiter von Übungen, von Seminaren, von Colloquien und in seiner Tätigkeit am Max-Planck-Institut für Physik in Berlin, in Hechingen und in Göttingen hat er Schülern, Freunden und Kollegen eine Fülle von Anregungen gegeben; er hat ihnen Förderung — nicht nur wissenschaftlicher Art — zuteil werden lassen und ihnen geholfen, wo immer es möglich war.

Und damit komme ich über das Wissenschaftliche hinaus zum Menschlichen, zu seiner Persönlichkeit. Hilfsbereitschaft, menschliches Verständnis und menschliche Güte, treue Freundschaft sind Merkmale seines Wesens, sind Eigenschaften, die er gerade auch in schwerer Zeit nie verleugnet, sondern auf das schönste gezeigt hat. Laue gehörte in den jüngst vergangenen Jahren zu den — leider oft gar zu wenig zahlreichen — Vertretern deutscher Geistigkeit, die sich nicht nur niemals durch die großen Worte oder die Lockungen der Vertreter des sogenannten Dritten Reiches bestechen ließen, sondern die aus tief innerlichem sittlichem Bewußtsein heraus das Böse und Verwerfliche auch da erkannten und ablehnten, wo es sich unter der Maske des Biederen oder des Gefälligen verbarg, und die sich nicht scheuten, auch da die Wahrheit zu sagen und das Schwarze schwarz zu nennen, wo es unbequem und unvorteilhaft war. Ein Beispiel mag erläutern, was ich meine. Fritz Haber, dessen geniale Erfindung seinem deutschen Vaterland das Durchhalten im ersten Weltkrieg ermöglicht und darüber hinaus der Menschheit ein überaus wichtiges Mittel zur Hebung der Landwirtschaft an die Hand gegeben hatte, war 1933 dem Rassenhaß gewichen und ins Ausland gegangen. Er starb am 29. Januar 1934. Kurze Zeit später, am 16. Februar 1934, erschien in dieser Zeitschrift aus Laues Feder ein Nachruf. Er enthielt eine kurze klare Darstellung der Leistungen und der Verdienste Habers und dann, als Überleitung, den Satz: „Themistokles ist in die Weltgeschichte eingegangen nicht als der Verbannte am Hof des Perserkönigs, sondern als der Sieger von Salamis. Haber wird in die Geschichte eingehen als der geniale Erfinder ..." Fast weiß man heute schon nicht mehr, was in der damaligen Zeit ein solcher Satz in Deutschland bedeutete für den, der ihn las, und für den, der ihn geschrieben hatte. Es mag auch kurz erwähnt werden, daß Laue dem Begründer und langjährigen Herausgeber der „Naturwissenschaften", Arnold Berliner, bis zu dessen Tode in Freundschaft verbunden blieb — wie er auch sonst seine Einstellung keineswegs nur durch Worte, sondern durch Werke, durch Rat und durch Tat bewies. Die persönliche Integrität und die stete Bereitschaft zu klarer Entscheidung zwischen dem, was gut, und dem, was böse ist, ist kennzeichnend für Laue. Und das ist wahrlich nichts Geringes in unserer Zeit, gerade auch für einen akademischen Lehrer, der berufen ist, nicht nur die Wissenschaft zu mehren, sondern auch den Studenten in menschlicher Hinsicht Weg und Richtung zu weisen. Denn mit vollem Recht betonten die „Göttinger Sieben" in ihrem Protestschreiben vom 18. 11. 1837 in bezug auf den Einfluß der Universitätslehrer auf die Studenten: „Allein das ganze Gelingen ihrer Wirksamkeit beruht nicht sicherer auf dem wissenschaftlichen Wert ihrer Lehren als auf ihrer persönlichen Unbescholtenheit." Auf Max von Laue trifft das in vollem Maße zu.

Eingegangen am 8. August 1949.

Erinnerungen an die Entdeckung der Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen.

Von W. Friedrich, Berlin.

Die Redaktion dieser Zeitschrift hat mich gebeten, Max v. Laue anläßlich seines 70. Geburtstages in persönlichen Erinnerungen an die Entdeckung der Röntgenstrahleninterferenzen, die nicht nur für die Physik, Kristallographie und Chemie sowie für die anderen naturwissenschaftlichen Wissenszweige von so großer Bedeutung geworden ist, zu gedenken. Ich komme dieser Bitte um so lieber nach, als die damalige Zusammenarbeit in ihrer Harmonie zu den schönsten Erinnerungen meiner wissenschaftlichen Tätigkeit gehört.

Nachdem W. C. Röntgen 1895 die geheimnisvollen Strahlen — er nannte sie ja X-Strahlen — entdeckt hatte, waren die Forscher aller Länder eifrig bemüht, das Wesen dieser Strahlen zu ergründen. Zwar hatten Wiechert und Stokes bald nach der Entdeckung die sogenannte Impulstheorie entwickelt, nach der die Röntgenstrahlen elektromagnetischer Natur sind; aber erst mußten 10 Jahre verstreichen, bis C. G. Barkla die Polarisation der Röntgenstrahlen fand, die als experimentelle Stütze der Wellentheorie dienen konnte. Von dem gleichen

Forscher stammt auch die Entdeckung der charakteristischen Sekundärstrahlung der Elemente. Ihr serienartiges Auftreten, besonders bei den Elementen von höherer Ordnungszahl, sowie die Gültigkeit der Stokesschen Regel sprachen gleichfalls für eine dem Lichte wesensgleiche Natur der Röntgenstrahlen. Die Beugungsversuche von Haga und Wind und später von Walther und Pohl an engen Spalten machten das Vorhandensein einer Beugung wahrscheinlich und führten größenordnungsmäßig zu einer Wellenlänge von 10^{-9} cm. Obgleich alle diese Tatsachen für die Wellentheorie der Röntgenstrahlen ein immer festeres Fundament schufen, gab es eine Reihe von Forschern, an ihrer Spitze W. H. Bragg, die an eine korpuskulare Natur der Röntgenstrahlen glaubten und diese Auffassung durch experimentelle Forschungsergebnisse zu stützen suchten. Wenn sie auch für die Polarisation nur eine sehr gezwungene Erklärung fanden, so konnten sie jedoch eine Reihe von Erscheinungen anführen, für die die Wellentheorie eine Erklärung schuldig geblieben war. Besonders galt dies für die Energie des Photoelektrons, die nur mit der Wellenlänge der auslösenden Strahlung verbunden und unabhängig ist von anderen Faktoren, wie Art und Zustand des Körpers, bei dem sie entsteht, auch unabhängig von der Intensität der Strahlung. Hier fand die Theorie des „neutralen Paares" von Bragg leicht eine Erklärung. In dieser Zeit des Streites der Meinungen über das Wesen der Röntgenstrahlen fiel die Entdeckung der Röntgenstrahleninterferenzen.

In München, einer der Blütestätten experimenteller und theoretischer physikalischer Forschung, wirkte in dieser Zeit Röntgen selbst als Vertreter der Experimentalphysik. In seinem Institut wurde gerade damals viel über Röntgenstrahlen gearbeitet. Mich selbst hatten die Röntgenstrahlen, mit denen ich mich schon während meiner Gymnasialzeit beschäftigt hatte, an die Wirkungsstätte ihres Entdeckers gezogen, und ich hatte das Glück, mit einer Arbeit über Röntgenstrahlen, die gleichfalls als Stütze der Wellentheorie herangezogen wurde, promovieren zu können.

Als Vertreter der theoretischen Physik finden wir A. Sommerfeld in München, dessen mannigfaltige Arbeiten über die Theorie der Röntgenstrahlen und ihre Beugung bekannt sind. Gerade in die Zeit vor der Entdeckung der Interferenzerscheinungen fallen auch seine Arbeiten über eine Hypothese, die er zur Vervollständigung der Impulstheorie gemacht hatte, daß nämlich der Bremsvorgang des Kathodenstrahlelektrons durch das Plancksche Wirkungsquantum reguliert werden soll. Die Optik hatte ihren berufensten Vertreter in M. v. Laue selbst. Wie er selbst in seiner Nobelvorlesung sagt, bestand bei ihm die Vorliebe für die Optik, im besonderen die Interferenzerscheinungen von Jugend auf, und er bezeichnet es als ein glückliches Moment, daß er zur Zeit der Entdeckung mit der Niederschrift des Enzyklopädieartikels der mathematischen Wissenschaften über Wellenoptik beschäftigt war. Von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Entdeckung der Röntgenstrahleninterferenzen war fernerhin die Anwesenheit des Altmeisters der Kristallographie P. von Groth.

Der Boden war hier für die Entdeckung in glücklichster Weise vorbereitet, als Laue, angeregt durch Arbeiten über das Verhalten von elektromagnetischen Wellen in einem Raumgitter, die im Sommerfeldschen Institut im Gange waren, überlegte, was geschieht, wenn Röntgenstrahlen durch einen Kristall hindurchgehen. Wenn die Röntgenstrahlen wirklich elektromagnetische Wellen von so kurzer Wellenlänge sind, wie vermutet wird, dann müssen — so sagte ihm sein optisches Gefühl — in diesem natürlichen Raumgitter Interferenzerscheinungen auftreten, ähnlich den Beugungsspektren an einem optischen Gitter. Die Größenordnung der Gitterkonstante eines Kristalles von 10^{-8} cm war bekannt; die zu erwartende Größenordnung der Wellenlänge der Röntgenstrahlen betrug 10^{-9} cm. Demnach waren die Bedingungen für das Zustandekommen von Interferenzerscheinungen außerordentlich günstig.

Ich selbst erfuhr von dem Gedanken Laues gelegentlich einer der wissenschaftlichen Aussprachen, die sich an unser Kolloquium anschlossen und den so erstrebenswerten Kontakt zwischen experimenteller und theoretischer Physik vermittelten, und die so reich an gegenseitiger Anregung waren. Mit dem Enthusiasmus, der der Jugend eigen ist, erklärte ich mich sofort bereit, einen einschlägigen Versuch zu machen, wenn auch zunächst sich die lebhafteste Diskussion für und wider die Realisierbarkeit der Idee entspann. Selbst die Einwände, die von berufenster Seite gemacht wurden, konnten Laue und mich nicht von dem Plane eines Versuches — ich muß gestehen, auch ohne Wissen unseres Chefs — abbringen. Zwar war ich als Assistent Sommerfelds zur Zeit mit dem Aufbau einer Versuchsanordnung beschäftigt, der meine Zeit sehr in Anspruch nahm, indessen fanden wir bald eine willkommene Hilfe in P. Knipping, der soeben seine Doktorarbeit abgeschlossen hatte. Leider ist dieser ja später einem Verkehrsunfall zum Opfer gefallen. So konnten wir die bekannte Versuchsanordnung zusammenstellen.

Meine Erfahrungen über die Intensität der Sekundärstrahlen sagten mir, daß recht beträchtliche Expositionszeiten notwendig waren, um ein Resultat erwarten zu dürfen. Sonst wäre ja die Erscheinung längst gefunden worden, da gelegentlich des Suchens nach Doppelbrechung und Polarisation schon des öfteren Kristalle mit Röntgenstrahlen durchstrahlt worden waren. Schon Röntgen hat ja Versuche in dieser Hinsicht angestellt und Reflexion an Glimmerplättchen gesucht. Glücklicherweise stand uns im Institut ein größerer Induktor sowie eine Röntgenröhre zur Verfügung. Schwieriger gestaltete sich die Wahl eines geeigneten Kristalles. Wir glaubten anfangs irrtümlicherweise es mit einer Erscheinung der charakteristischen Sekundärstrahlung des Kristalles zu tun zu haben. Infolgedessen bewegten sich die ersten Versuche in einer ungünstigen Richtung. Die parallel zum Primärstrahl aufgestellten photographischen Platten zeigten nur wenig charakteristische Schwärzungserscheinungen. Wenn auch die Theorie der Interferenzerscheinung im Prinzip schon fertig war, so war sie doch von Laue noch nicht genauer durchgearbeitet; vor allen Dingen war die Form der Erscheinung noch nicht bekannt. Erst als wir auch eine Platte hinter dem Kristall aufstellten, erhielten wir nach vielstündiger Expositionszeit das bekannte erste Photogramm der Interferenzerscheinung. Es ist mir ein unvergeßliches Erlebnis, als ich spät abends ganz allein in meinem Arbeitszimmer des Institutes vor der Entwicklungsschale stand und die Spuren der abgelenkten Strahlen auf der Platte hervortreten sah. Am nächsten Tage war mein erster Gang in aller Frühe zu P. Knipping, um ihm die Platte zu zeigen. Wir eilten zu Laue und zu meinem Chef, wo die Aufnahme naturgemäß auf das lebhafteste besprochen wurde. Dank dem großen Interesse Sommerfelds war es uns nun möglich, mit den reichlichen Mitteln des Institutes die Untersuchungen weiter fortzusetzen. Auch Röntgen, der sich zunächst skeptisch äußerte, und Groth ließen es an Unterstützungen durch Rat und Tat nicht fehlen. So wurde denn eine

neue, bessere Versuchsanordnung gebaut, und bald zeigte uns die Durchstrahlung regulärer Kristalle in den kristallographisch ausgezeichneten Richtungen die volle Schönheit der Interferenzerscheinung in den bekannten Diagrammen. Unterdessen hatte Laue auch die Theorie der Erscheinung niedergeschrieben, und am 8. Juli 1912 konnte Sommerfeld der Münchener Akademie unsere bekannte Arbeit über Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen vorlegen, durch die die Wellennatur der Röntgenstrahlen und die atomistische Struktur der festen Materie mit ihrem raumgitterartigen Charakter endgültig bewiesen wurde.

Wie so manches Mal kommt es bei derartigen experimentellen Arbeiten zu kleinen Episoden, die einer gewissen Komik nicht entbehren und sich deshalb dem Gedächtnis einprägen. Auch bei unseren Arbeiten war dies der Fall. Zwei möchte ich hier erwähnen:

Als ich die erste gelungene Interferenzaufnahme entwickelt hatte und die photographische Platte kurz im Fixierbad prüfte, sah ich zu meiner Überraschung neben den Interferenzflecken den deutlichen Schatten eines Maßkruges — dieser ist übrigens auf der Tafel 1 der Akademiepublikation teilweise zu sehen. Wie sich herausstellte, war dieses Münchener Wahrzeichen die Projektion eines Teiles einer sogenannten Doppelklemme mit Ringschrauben, die wir zur Halterung des Kristalles verwendet hatten, durch die vom Kristall ausgehende diffuse Sekundärstrahlung ausgelöst.

Ein Zwischenfall, über den übrigens v. Laue selbst kürzlich berichtete, löste einen nicht kleinen Sturm in der Universität aus.

Um einerseits die Intensität der Röntgenstrahlen möglichst hoch zu halten und andererseits die Röntgenröhre nicht zu überlasten, verwendete man in der Röntgentherapie einen sogenannten Rythmeur, d. h. einen mechanischen Zusatzunterbrecher, der den Primärstrom des Induktors eine kurze Zeit, z. B. 2 Sek. einschaltet und anschließend einige Sekunden, in diesem Rythmus fortlaufend, unterbricht. Da uns ein Rythmeur nicht zur Verfügung stand, hatte Knipping einen solchen aus den vorhandenen Mitteln improvisiert. Der eigentliche Induktorunterbrecher war ein sogenannter Wehnelt-Unterbrecher mit einer Frequenz von etwa 100 Hertz. Während des Betriebes gab dieser einen blökenden Ton im Takt des Rythmeurs von sich.

In dem Auditorium Maximum der Universität hielt damals der bekannte Kunsthistoriker Wölflin seine Vorlesung über antike Kunst mit Lichtbildern. Der zur Projektion verwendete Apparat enthielt eine Bogenlampe. Da das Sommerfeldsche Institut in dem Hauptgebäude der Universität untergebracht war, gelangten die in dem Induktorsystem erzeugten elektrischen Oszillationen auf dem Leitungsnetz bis in das Wölflinsche Auditorium und machten die Projektionslampe zur sprechenden Bogenlampe. Ihr rythmisches Blöken wurde naturgemäß während der Vorlesung außerordentlich störend empfunden und machte schließlich diese unmöglich. Wir Physiker wußten selbstverständlich nichts von der Sache, sonst hätten wir die Störung leicht beseitigen können. Obwohl der Rektor der Universität eine strenge Untersuchung in die Wege leitete und alle Hebel in Bewegung setzte, die Ursache der Störung zu ermitteln, dauerte es mehrere Wochen, bis zufällig ein Mechaniker in den Keller kam, in dem der Wehnelt-Unterbrecher stand. Er hörte dort die ominöse Musik und erstattete seiner vorgesetzten Behörde Bericht. Natürlich gab es ein großes Gezeter. Wir sollten sofort die Versuche abbrechen. Zum Glück konnten wir den Schaden durch eine besondere Leitung aus dem Röntgenschen Institut beheben.

Die außerordentliche Bedeutung der Entdeckung der Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen für die Wissenschaft und Technik ist bekannt. Sie eingehend zu würdigen, ist nicht die Aufgabe dieser Zeilen. Ich gebe mich der Hoffnung hin, daß dieses Erinnerungsblatt an seine große Entdeckung vor nunmehr 37 Jahren unserem Jubilar eine kleine Geburtstagsfreude sein wird. Möge er der wissenschaftlichen Welt noch lange Jahre in gleicher Frische und Schaffenskraft erhalten bleiben.

Eingegangen am 15. August 1949.

Die Linearität der elektrodynamischen Gleichungen von Maxwell.

Von P. Kunze.

Einleitung.

Es ist eine bekannte und bemerkenswerte Tatsache, daß die Grundgleichungen der Physik in der Regel eine mathematisch besonders einfache Form haben; es besteht aber bei ihnen immer die Möglichkeit, daß die große Einfachheit unter extremen Bedingungen verlorengeht und Zusatzglieder in den Formeln angebracht werden müssen. Ein Beispiel dafür ist die Lex Secunda (Kraft gleich Masse mal Beschleunigung) von Newton: Wenn sich die Geschwindigkeit v der Grenzgeschwindigkeit c nähert, ist die Masse m nicht mehr als Konstante zu behandeln, sondern wird eine Funktion des Geschwindigkeitsverhältnisses v/c. Ob das einfache Newtonsche Gravitationsgesetz mit seiner quadratischen Entfernungsabhängigkeit auch in den grenzenlosen Weiten des von Spiralnebeln erfüllten Kosmos in Strenge gilt, weiß man nicht. Ein Beispiel aus der Elektrizität wäre das Ohmsche Gesetz $I = \frac{1}{R} U$, dessen überaus einfache Form in keinem Verhältnis zu dem komplizierten Mechanismus des Leitungsvorganges in Metallen steht, und welches darum verdächtig ist. In der Tat ist nach den Messungen von Bridgman (1) bei extrem großen Stromdichten ($>10^6 \mathrm{A/cm^2}$) der Widerstand R nicht mehr als Konstante zu behandeln, sondern wird bei gegebenem Draht eine Funktion der Stromstärke I.

In der Elektrodynamik von Maxwell wird nun eine einfache Proportionalität zwischen den Vektoren der Polarisation und der elektrischen und magnetischen Feldstärke angenommen: $\mathfrak{D} = \varepsilon \mathfrak{E}$; $\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$, wobei die Proportionalitätsfaktoren ε (Dielektrizitätskonstante) und μ (Permeabilität) im Vakuum den konstanten Wert ε, $\mu = 1$ annehmen. Gemäß der in der Hochfrequenztechnik üblichen Darstellungsweise (Fig. 1) kann man also das Verhalten des Vakuums durch eine unter 45° verlaufende lineare „Charakteristik" C graphisch darstellen; einer sinusförmigen Schwingung in $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{H}$ entspricht wieder eine solche in $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{B}$.

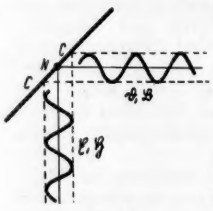


Fig. 1.

Nach dem Vorhergehenden kann man aber die Frage stellen, ob die exakte Gradlinigkeit der Charakteristik auch noch in sehr großen Abständen vom Nullpunkt N erfüllt ist, ob also die Linearität auch noch bei extrem großen Vakuum-Feldstärken gilt.

Der klassische Elektronenradius.

Die bekannte Schwierigkeit der klassischen Theorie, daß das punktförmig gedachte Elektron eine unendlich große Selbstenergie besitzt, legt tatsächlich die Annahme nahe, daß die lineare Maxwell-Elektrodynamik bei den sehr großen Feldstärken in der Nähe des Elektrons versagt. Wenn $\eta = \mathfrak{E}^2/8\pi$ die Energiedichte, und $\mathfrak{E} = e/r^2$ die Feldstärke des Elektrons ist, ergibt sich für die Selbstenergie W des Punktelektrons $W = \int_0^\infty \eta\, 4\pi r^2\, \mathrm{d}r = \left.\frac{-e^2}{2r}\right|_0^\infty = \infty$; die Ruhmasse $m_0 = W/c^2$ wäre dann auch unendlich. Man sieht aus dem Zahlenwert von $e = 4.8 \cdot 10^{-10}$ Est, daß diese Katastrophe erst auf dem letzten billiontel Millimeter des Integrationsweges passiert: die Feldstärke $\mathfrak{E}$ divergiert dort so rasch, daß die winzige Kugel vom Radius $r_0 \sim 10^{-13}$ cm eine unendlich große Masse einschließt. Will man diese Katastrophe verhüten, so wird man diese kleine Kugel bei der Integration irgendwie ausschließen müssen. Nimmt man beispielsweise an, die Elektronenladung e sitze auf der Oberfläche einer Kugel vom Radius r_0, so geht der Integrationsweg von ∞ nur bis zu r_0, und es wird $W = \left.\frac{-e^2}{2r_0}\right|_{r_0}^\infty = \frac{e^2}{2r_0}$. Nimmt man als andere einfache Möglichkeit an, die Ladung e sei gleichförmig im Volumen der Kugel verteilt, so kann man gefahrlos bis $r = 0$ durchintegrieren, denn im Zentrum einer homogenen Kugelladung — man denke an die Schwerkraft im Erdinnern — wird die Feldstärke null; man erhält dann $W = \frac{6}{5}\frac{e^2}{2r_0}$ als Feldenergie. Die Annahme über die Ladungsverteilung in der Kugel ist offenbar willkürlich; jedenfalls erhält man durch die Verschmierung der punktförmigen Elektronenladung größenordnungsmäßig ein $W \sim \frac{e^2}{r_0}$, und daraus folgt vermöge $W = m_0 c^2$ der bekannte klassische Elektronenradius $r_0 = \frac{e^2}{m_0 c^2} = 2.81 \cdot 10^{-13}$ cm.

Diese Methode, die unendlich große Selbstenergie des Elektrons zu vermeiden, ist aber aus zwei Gründen unbefriedigend. Erstens müßte im klassischen Modellbild das Elektron rotierend gedacht werden, und nicht nur die richtige Selbstenergie und Masse liefern, sondern auch noch den Spin und das magnetische Moment dazu. So ein Modell, welches alle Eigenschaften des Elektrons zugleich auf dem Boden der klassischen Theorie erklärt, gibt es aber nicht. Zweitens würde bei so einem Modell die Punktförmigkeit des Elektrons aufgegeben sein, was aus verschiedenen Gründen unerwünscht ist. Mit der gewohnten Elektrodynamik kommt man also nicht weiter.

Borns Theorie des Elektrons.

M. Born (2) machte deshalb 1934 den interessanten Versuch, im ladungsfreien Vakuum die lineare Beziehung zwischen $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{B}$ aufzugeben und ε, μ als Funktionen der Feldstärke anzusetzen: $\varepsilon\mu = 1$; $\mu = \sqrt{1 + a^2(\mathfrak{B}^2 - \mathfrak{E}^2)}$. Im elektrostatischen Fall ($\mathfrak{B} = 0$) wird dann $\varepsilon = 1/\sqrt{1 - a^2\mathfrak{E}^2}$; $\mathfrak{D} = \varepsilon\mathfrak{E}$, woraus $\mathfrak{E} = \mathfrak{D}/\sqrt{1 + a^2\mathfrak{D}^2}$ folgt. Die Konstante a bestimmt Born aus der Forderung, daß die Selbstenergie W des punktförmig angenommenen Elektrons gleich $W = m_0 c^2$ wird. Ein punktförmiges Elektron hat die radial gerichtete Polarisation $\mathfrak{D} = \frac{e}{r^2}$, also die Feldstärke $\mathfrak{E} = \frac{\mathfrak{D}}{\varepsilon} = e/\sqrt{r_0^4 + r^4}$, wobei $r_0 = \sqrt{ae}$ eine Hilfsgröße von der Dimension einer Länge darstellt. Für $r \gg r_0$ erhält man wieder die Coulombfeldstärke $\mathfrak{E} \sim \frac{e}{r^2}$, aber im Zentrum divergiert zwar die Polarisation $\mathfrak{D}$, aber nicht mehr die Feldstärke $\mathfrak{E}$ wie im klassischen Fall, sondern diese bleibt gemäß $\mathfrak{E}_0 = \frac{e}{r_0^2} = \frac{1}{a}$ endlich. Bezüglich der „wahren" durch div $\mathfrak{D}$ beschriebenen Ladung ist also das Elektron erwünschterweise punktförmig; die durch div $\mathfrak{E} = 4\pi\varrho$ definierte „freie" Ladungsdichte $\varrho = \frac{e}{2\pi}\frac{r_0^4}{r(r_0^4 + r^4)^{3/2}}$ ist aber über den Raum verschmiert ohne scharfe äußere Grenze. Für $r \gg r_0$ geht $\varrho \sim 1/r^7$ sehr rasch zu Null. Für $r \ll r_0$ divergiert zwar $\varrho \sim \frac{1}{r}$, aber trotz der unendlich hohen Raumladungsspitze im Kugelzentrum geht dort bereits der Ausdruck $r^2\varrho$ zu Null. Entsprechend der endlich bleibenden Feldstärke $\mathfrak{E}$ bleibt nunmehr auch das Raumintegral der Selbstenergie $W = \int \frac{\mathfrak{E}^2}{8\pi}\mathrm{d}\tau$ endlich, und man erhält durch Reihenentwicklung $W = 1.236\, e^2/r_0$. Kombiniert man diesen Ausdruck mit $W = m_0 c^2$, so ergibt sich schließlich für die Hilfsgröße r_0, welche an die Stelle des klassischen Elektronenradius tritt, der Ausdruck $r_0 \sim 1 \cdot 236 \frac{e^2}{m_0 c^2}$. Damit ist auch der Zahlenwert der obigen Konstanten a festgelegt. Durch Verzicht auf die Linearität der Maxwell-Gleichungen ist also die Endlichkeit der Selbstenergie trotz Punktförmigkeit des Elektrons erreicht.

Eulers Theorie der Streuung von Licht an Licht.

Die Vorstellung vom nichtlinearen Zusammenhang zwischen Feldstärke und Polarisation, die sich aus der klassischen Theorie von Born ergibt, erhielt 1936 eine unerwartete Stützung durch rein quantenmechanische Überlegungen von H. Euler (3). Ausgangspunkt (Fig. 2a) ist die bekannte Bildung von Elektronen-Zwillingen durch Materialisation eines γ-Strahles $h\nu$. Da die Elektronen-Ruhmasse $m_0 c^2$ der Energie $\frac{1}{2}$ MeV entspricht, folgt aus dem Energiehaltungssatz $h\nu > 2 m_0 c^2 \sim 1\, MeV$.

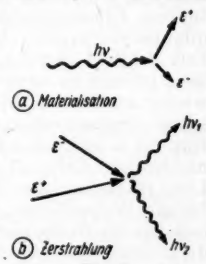


Fig. 2.

Neben der Erhaltung der Gesamtenergie W ist auch die des Gesamtimpulses P zu beachten. Für das Lichtquant gilt $\frac{P}{W} = \frac{h\nu/c}{h\nu} = \frac{1}{c}$. Für eine bewegte Partikel der Masse $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$ ist dagegen $\frac{P}{W} = \frac{mv}{mc^2} = \frac{1}{c}\beta$, also um den Faktor $\beta = \frac{v}{c}$ kleiner als bei einem Photon. Aus diesem Grunde kann der Prozeß (Fig. 2a) nicht im leeren Raum stattfinden, sondern nur unter Mitbeteiligung eines Stoßpartners, z. B.

eines Atomkernes, welcher den Impulsüberschuß des Photons aufnimmt, ohne sich wesentlich an der Energiebilanz zu beteiligen. Tatsächlich zeigt das Experiment eine Materialisation von Photonen nur im materieerfüllten Raum.

Aus eben diesen Impulsgründen kann der zur Materialisation inverse Prozeß der Zerstrahlung eines Elektronenpaares nicht eine einfache Umkehrung der Fig. 2a sein, so daß nur ein *einzelnes* Lichtquant $h\nu$ entsteht; die negativen Elektronen sind im allgemeinen nicht so fest an ihren Atomkern gebunden, daß dieser sich wesentlich an der Impulsbilanz beteiligen könnte. Der Inversprozeß der Elektronenzerstrahlung wird daher in der Regel nach Fig. 2b unter Bildung *zweier* Photonen ohne Mitbeteiligung eines dritten Stoßpartners erfolgen.

Da dieser Prozeß 2b somit prinzipiell im Vakuum stattfinden kann, läßt er sich ohne weiteres umkehren und führt zu einer anderen Form des Materialisationsprozesses (Fig. 3a), bei der zwei Lichtquanten unter passendem Winkel zusammenstoßen und einen Elektronenzwilling bilden. Dieser im leeren Raum stattfindende Vorgang ist zwar experimentell nie beobachtet, aber mit den Erhaltungsgesetzen verträglich und darum im Prinzip möglich. Wenn nun der entstehende Elektronenzwilling nach Fig. 3b sofort wieder unter Bildung eines neuen Photonenpaares zerstrahlt, so ist dieser Prozeß im Endeffekt dem Zusammenstoß von Lichtquanten untereinander, also der Streuung von Licht an Licht im Vakuum aequivalent.

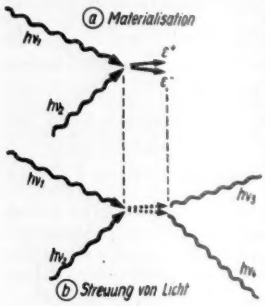


Fig. 3.

Da die Bildung eines Elektronenpaares eine Mindestenergie von 1 MeV erfordert, sollte nach dem Energiesatz diese Lichtstreuung im Vakuum erst bei $h\nu_1 + h\nu_2 > 1$ MeV einsetzen. Nach den mysteriösen Vorstellungen der Diracschen Löchertheorie kann aber auch bei kleineren Energien ein (allerdings nur virtuelles) Elektronenpaar mit einer angebbaren und quantenmechanisch berechenbaren Wahrscheinlichkeit gebildet werden, falls seine Lebensdauer sehr kurz ist und es nach einer äußerst kleinen Zeit Δt wieder zerstrahlt, weil dann nach der Heisenbergschen Ungenauigkeitsrelation ($\Delta E \Delta t > h/2\pi$) die Energie E und somit auch der Energieerhaltungssatz nicht scharf definiert ist. Die Streuung von Licht an Licht ist also nicht auf γ-Strahlen beschränkt, sondern für alle Wellenlängen, auch für sichtbares Licht möglich. Die Wahrscheinlichkeit für die Streuung ist gleich der Bildungswahrscheinlichkeit eines virtuellen Paares mal der Wahrscheinlichkeit seiner Wiederzerstrahlung innerhalb der Zeit Δt. Klassisch bedeutet dieser Streuprozeß die Ungültigkeit der linearen Superposition beim Zusammentreffen zweier Lichtwellenzüge und entspricht dem Auftreten von Kombinationsfrequenzen in der Akustik; das nichtlinear funktionierende System ist hier das Vakuum der Maxwell-Gleichungen, also der „Äther". Das Ergebnis der umfangreichen abstrakt quantenmechanischen Rechnung von Euler kann also in anschaulicher Weise durch nichtlineare Zusatzglieder in der Maxwellschen Gleichung der Energiedichte beschrieben werden, die allerdings erst bei extrem großen Feldstärken merklich werden.

Es ist dabei sehr bemerkenswert, daß diese Zusatzglieder innerhalb der von Euler angewandten Näherung praktisch zahlengleich sind mit denen von Born; beide so grundverschiedene Gedankenreihen führen zum gleichen Resultat. Da die Wahrscheinlichkeit der Lichtstreuung nach Euler unabhängig ist von der klassischen Amplitude der Lichtwelle, kann man sie auch durch Angabe des Streuquerschnitts q für den Zusammenstoß von Photonen veranschaulichen; nach Euler geht, entsprechend der Feldstärkeabhängigkeit, q mit $1/\lambda^6$; für γ-Strahlen ist $q \sim 10^{-30}$ cm², für Röntgenstrahlen $q \sim 10^{-48}$ cm², für sichtbares Licht $q \sim 10^{-72}$ cm², also extrem klein.

Wenn diese theoretischen Überlegungen richtig sind, so ergeben sich in experimenteller Hinsicht zwei Konsequenzen:

1. Beim Zusammentreffen zweier Lichtbündel gleicher Wellenlänge müßte, wie eben dargelegt, vom Kreuzungspunkt ein Streulicht geänderter Wellenlänge ausgehen.

2. In stark inhomogenen elektrostatischen Feldern müßte der Lichtweg aus seiner normalen Bahn abgelenkt werden.

Experimentelles zur Streuung von Licht an Licht.

An die Möglichkeit von Zusammenstößen zweier Lichtquanten hat man schon früher gedacht. Bereits 1926 sprach de Broglie (4) die Vermutung aus, daß bei der Kreuzung von Lichtbündeln Streulicht auftreten könne; Rosenfeld und Witmer (5) besprachen die Folgen der Zusammenstöße für das Lichtquantengas im Hohlraum.

1928, also lange vor den Arbeiten von Born und Euler, wurde erstmals eine experimentelle Suche nach dem fraglichen Streulicht von Vavilov (6) durchgeführt. Er benutzte dabei das Licht kondensierter Funken, dessen Momentanintensität weit größer ist als das von Sonnenlicht, konnte aber kein Streulicht finden. Vavilov meint, daß in der Photosphäre der Sonne Lichtströme weit größerer Intensität durcheinanderfluten, trotzdem zeige das photosphärische Spektrum keine Anomalie, welche auf den Effekt der Lichtstreuung hindeute. Hierzu ist allerdings zu bemerken, daß nach der Theorie von Euler die Lichtintensität selber keine Rolle spielt; die prozentuale Stärke des Streulichtes hängt nur von der Wellenlänge ab.

Ohne Kenntnis dieser vorangehenden Arbeiten unternahmen Hughes und Jauncey (7) 1930 abermals ein ähnliches Experiment (Fig. 4). Mit Hilfe zweier Linsen von 24 cm⌀ und 33 cm Brennweite konzentrierten sie den roten Anteil des Sonnenlichtes um $\lambda_1 = \lambda_2 = 7100$ Å auf einen Punkt P. Der in der Symmetrieachse der Anordnung liegende Anteil des Streulichtes muß dann nach den Erhaltungssätzen aus dem ultraroten Strahl $\lambda_3 = 2\lambda_1$ und aus einem kürzerwelligen Strahl $\lambda_4 = {}^2/_3\,\lambda_1$ um 4700 Å bestehen, der von einem Blaugrünfilter durchgelassen wird. Die mit dunkeladaptiertem Auge unternommene Suche nach blaugrünem Streulicht verlief aber völlig negativ. Aus den Versuchsbedingungen und aus der Augenempfindlichkeit im fraglichen Spektralgebiet folgt, daß gemäß dem negativen Befund der Streuquer-

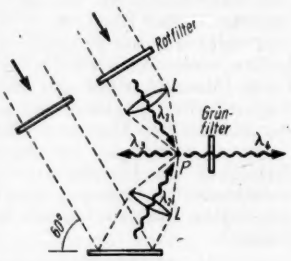


Fig. 4.

schnitt q der Lichtquanten im roten Bereich kleiner als 10^{-20} cm² gewesen sein muß. Da nach Euler q bei 10^{-72} cm² liegen soll, sieht man, daß — die Richtigkeit der Theorie vorausgesetzt — alle experimentellen Versuche in dieser Richtung aussichtslos sein müssen.

Streuung von Licht an inhomogenen elektrischen Feldern.

Aus der Nichtlinearität der Feldgleichungen ergäbe sich als weitere Folgerung, daß die Dielelektrizitätskonstante $\varepsilon = \mathfrak{D}/\mathfrak{E}$ des Vakuums eine Funktion der statischen Feldstärke $\mathfrak{E}$ wäre. Eine Inhomogenität von $\mathfrak{E}$ würde dann auch eine Inhomogenität des Brechungsindex hervorrufen und eine Krümmung der Lichtstrahlen veranlassen. J. Stark (8) machte vor einiger Zeit Mitteilungen über verschiedene Erscheinungen, welche in dieser Richtung zu liegen schienen. Unter anderem sollten in den Interferenzfransen der Lichtbeugung am Spalt Intensitätsänderungen auftreten, wenn zwischen den Spaltbacken durch Anlegen einer hohen Spannung ein stark inhomogenes elektrisches Feld erzeugt wird. Nach der Born-Eulerschen Theorie wäre zwar so etwas erst bei ganz extremen Spannungen zu erwarten, aber in der Physik liegt die letzte Entscheidung nicht bei der theoretischen Erwartung, sondern beim praktischen Versuch. Von verschiedenen Seiten (9) wurden deshalb Nachprüfungen unternommen, aber der Befund war negativ, die Erscheinungen konnten nicht bestätigt werden. Tatsächlich sind die Feldstärken und Inhomogenitäten bereits auf der Grundbahn des H-Atoms (und erst recht in der K-Schale schwerer Atome) um Größenordnungen höher als bei den Spaltversuchen — allerdings nur in Bezirken, die sehr klein sind gegenüber der Lichtwellenlänge — und es wäre bei positivem Ausfall der Spaltversuche schwer zu verstehen, daß Luft und Glas optisch leer sind. Es scheint somit kein theoretischer oder experimenteller Anlaß zu bestehen, unter normalen Versuchsbedingungen an der strengen Gültigkeit der linearen Gleichungen der Elektrodynamik zu zweifeln.

Eingegangen am 16. Mai 1949.

Literatur.

(1) Bridgman, P., Physic. Rev. 19, 387 (1922). — (2) Born, M., Proc. Roy. Soc. London 143, 410 (1934). — (3) Euler, H., Ann. Physik (5) 26, 398 (1936). — (4) de Broglie, L., Ondes et Mouvements, S. 96ff, Paris 1926. — (5) Rosenfeld, L. und Witmer, E., Z. Physik 47, 517 (1928). — (6) Vavilov, S., Physic. Rev. 36, 1590 (1930). — (7) Hughes, A. L. und Jauncey, G. E., Physic. Review 36, 773 (1930). — (8) Auszug: Physik. Bl. 3, 162 (1947). — (9) Kappler, E., Physik. Bl. 3, 163 (1947); Sperling, J., Physik. Bl. 4, 71 (1948); Kunze, P. und Hohl, L., Ann. Physik (6) 2, 270 (1948).

Feste Gashydrate.

Von M. v. Stackelberg.

(Fortsetzung und Schluß.)

6. *Die Bildungswärme der Gashydrate.*

Die Bildungswärmen der Gashydrate sind von Interesse, weil sie einerseits Einblick in die energetischen Verhältnisse dieser Verbindungen liefern, andrerseits weil sie die Grundlage für die zuverlässigste indirekte Methode zur Bestimmung der Hydratformeln geben. Unter der Bildungswärme wird hier die Enthalpieabnahme bei der Bildung von Hydrat aus *einem* Mol Gas und der erforderlichen Anzahl an Molen Wasser verstanden.

Kalorimetrische Bestimmungen. Villard (25c) hat im Bunsenschen Eiskalorimeter, indem er Wasser von 0° mit den Gasen reagieren ließ, die Bildungswärmen der Hydrate des CO_2 (14,9 kcal), des N_2O (15,0), des C_2H_2 (15,4) und des C_2H_4 (15,4) bestimmt. Die Werte dürften auf $\pm$ 0,5 kcal genau sein. De Forcrand (10a) bestimmte die Lösungswärme des Cl_2-Hydrates zu — 15,6 kcal/Mol und berechnete daraus mit der Lösungswärme des Chlorgases (2,94 kcal) die Bildungswärme zu 18,5 kcal. Dieser Wert ist sehr unsicher, schon weil die Lösungswärme des Chlors wegen der Hydrolyse stark konzentrationsabhängig ist. Wir bestimmten die Bildungswärme direkt, indem wir Chlor in hydratgesättigtes kaltes Chlorwasser einleiteten, zu 16,9 kcal. — Chancel und Parmentier (4) bestimmten die Zersetzungswärme des Chloroformhydrates zu — 22,9 kcal. Daraus und mit der Verdampfungswärme des Chloroforms erhält man die Bildungswärme des Hydrates aus Wasser und gasförmigen Chloroform zu 30 kcal.

Berechnung aus der Tensionskurve. Mittels der Gleichung von Clausius-Clapeyron

$$\frac{d \ln P}{d T} = \frac{W}{R T^2} \qquad (1)$$

hat bereits de Forcrand (10b) die Bildungswärme W aus der Temperaturabhängigkeit des Dissoziationsdruckes P berechnet. Doch bedarf diese Methode, um genaue Ergebnisse zu liefern, noch einiger Verfeinerungen.

Bei Hydraten mit hohem Dissoziationsdruck müssen Abweichungen vom idealen Verhalten berücksichtigt werden, indem die nach Gl. (1) ermittelte Bildungswärme mit einem Korrekturfaktor f_1 (< 1) zu multiplizieren ist, der sich z. B. aus den van der Waalsschen Konstanten (a und b) des Gases und dem Dissoziationsdruck P des Hydrates berechnen läßt:

$$f_1 = \frac{V\,(real)}{V\,(ideal)} = 1 + P\left(\frac{b}{22400} - \frac{a \cdot 10^{-8}}{5{,}0}\right).$$

Weitere Korrekturfaktoren f_2 und f_3 ergeben sich daraus, daß die Bildungswärme aus reinem Gas und reinem Wasser ermittelt werden soll, bei den Tensionsmessungen jedoch das Gas an Wasserdampf gesättigt ist (wodurch das Volumen zu groß ist, also $f_2 > 1$) und das Wasser einen Teil des Gases gelöst enthält (wodurch das Volumen dieses zu klein ist, also $f_3 < 1$). Es ist $f_2 = P/(P - p_{H_2O})$, wobei P die Hydrattension und p_{H_2O} der Dampfdruck des Wassers (4,6 Torr) bei 0° ist. Es ist also f_2 nur dann von 1 merklich verschieden, wenn P klein ist, also bei Flüssigkeitshydraten. Ferner ist $f_3 = 1 - L$, worin L die Zahl der Mole Gas ist, die sich beim Drucke P in 6 Molen Wasser (= 108 g) lösen.

Neben diesen drei Korrekturfaktoren sind aber noch zwei additive Korrekturglieder zu berücksichtigen: Die Lösungswärme Q_L der L Mole Gas in den 6 (bzw. mehr) Molen Wasser ist zu der nach Gl. (1) gefundenen Bildungswärme hinzuzuzählen. Umgekehrt ist die Verdampfungswärme Q_D des im Gas

enthaltenen Wasserdampfes abzuziehen. Bei 0° ist $Q_D = 10{,}7 \cdot 4{,}6/P = 4{,}9/P$ kcal (P in Torr).

Es ist also

$$W = W_{\text{unkorr.}} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 + Q_L - Q_D,$$

wobei $W_{\text{unkorr.}}$ die nach Gl. (1) ermittelte Bildungswärme ist. Wenngleich sich die Korrekturen teilweise kompensieren, so ergeben sie doch mitunter, insbesondere bei höherer Temperatur (bei großem P), einen erheblichen Betrag. Trägt man $\lg P$ gegen $1/T$ auf, so erhält man keine gerade Linie, sondern eine, die zu höherer Temperatur steiler wird. Für das CO_2-Hydrat erhält man z. B. aus der Neigung der Kurve für 0° $W_{\text{unkorr.}} = 16$ kcal, bei 10° aber 25 kcal. Daher hielt de Forcrand die bei höherer Temperatur gemessenen Tensionen für fehlerhaft. Dies liegt jedoch nur daran, daß die erwähnten Korrekturen hier sehr groß werden. Wir haben daher an den $\lg P$ — $1/T$ — Kurven eine Tangente bei 0° angelegt, wobei sich $W_{\text{unkorr.}}$ auf etwa $\pm$ 0,5 bis 1 kcal genau ergibt, und die Korrekturen insgesamt einen Betrag von höchstens 2 kcal ergeben.

Soweit die Tensionskurven der Hydrate auch im Gleichgewicht mit *Eis* gemessen worden sind, also unter 0° für die Reaktion

$$M \cdot 6\ H_2O\ (\text{fest}) = M\,(g) + 6\ H_2O\ (\textit{fest})$$

haben wir die Bildungswärme der Hydrate aus gasförmigem Hydratbildner und Eis analog berechnet (wobei die Korrekturen Q_L und f_3 natürlich fortfallen und Q_D die Sublimationswärme des Eises ist).

Die verfügbaren Angaben enthält Tab. 3. Es zeigt sich, daß

die Gashydrate im engeren Sinne, denen die Formel $M \cdot 6\ H_2O$ zukommt, Bildungswärmen von 15 bis 16 kcal haben,

die Hydrate der Formel $M \cdot 8\ H_2O$ (die des Br_2 und CH_3Br) etwa 20 kcal,

die Flüssigkeitshydrate mit rund 15 H_2O etwa 31 kcal bezogen auf die Bildung aus flüssigem Wasser und 1 Mol gasförmigem Hydratbildner.

Zieht man von diesen Bildungswärmen die Verfestigungswärmen des Hydratbildners und des Wassers (für 6 bzw. 8 bzw. 15 Mole) ab, so erhält man die Bildungswärme aus festem Hydratbildner und Eis. Diese in der letzten Spalte der Tab. 3 angegebenen Werte sind sehr klein, oft innerhalb der Fehlergrenze gleich Null, beim Br_2-Hydrat sogar schwach endotherm. Es zeigt sich also, daß *die Bildung der Hydrate aus den festen Komponenten keine merkliche Wärmetönung aufweist.* Die eigentliche Hydratbildung erfolgt ohne merklichen Energieumsatz. Auch die Entropieänderung bei dieser Reaktion ist sehr gering (s. Kap. 9).

7. *Berechnung der Hydratformeln aus den Bildungswärmen.*

Die Differenz der Bildungswärme eines Hydratmoles der Formel $M \cdot n\ H_2O$ einmal aus flüssigem Wasser (W_a) das andere Mal aus Eis (W_b) muß gleich der Kristallisationswärme von n Molen Wasser, also gleich $n \cdot 1437$ cal sein. Demnach ist

$$n = \frac{W_a - W_b}{1437}.$$

Auf diesem Wege sind die Hydratformeln am genauesten zu ermitteln. Schon de Forcrand hat diesen Weg beschritten. Doch benutzt er für W_b nicht experimentell bestimmte Werte, sondern geschätzte, indem er (in Analogie zur Troutonschen Regel) $W_b = 30 \cdot T_z$ setzt, wobei T_z die Temperatur ist, bei der das Hydrat die Tension von 1 at erreicht. Die hier von uns benutzten experimentell bestimmten W_b-Werte ergeben merklich andere Hydratformeln als die von de Forcrand erhaltenen.

Die notwendigen Tensionsmessungen von Gashydraten im Gleichgewicht mit Eis sind für das SO_2-, Cl_2- und Br_2-Hydrat bereits 1885 von Roozeboom durchgeführt, aber merkwürdigerweise zur Bestimmung der Hydratformeln bis heute nicht ausgewertet worden, obgleich Roozeboom selbst und andere viel Mühe auf die Bestimmung von Gas-

Tabelle 3. *Die Bildungswärmen.*

	W unkorr. kcal	P bei 0°	L Lösl.	Korr.-Faktoren f_1	f_2	f_3	Korr. Glied. Q_L kcal	$-Q_D$ kcal	W korr. kcal	W kalor. kcal	Bild. W. aus fest. Kompon. kcal	n
CH_4	15,6 [7])	26,0 at		0,93	1,00	1,0			14,5			(7)
mit Eis	4,8								4,5			
C_2H_6	15,6 ± 1 [7])	5,2		0,96	1,00	1,0			15,0			5,8 ± 0,5
mit Eis	6,9 ± 0,5								6,6			
CO_2	16,0 ± 1 [1])	12,2	0,09	0,94	1,00	0,91	0,6	0,0	14,4	14,9 (24a)	+ 2	
N_2O	16,0 ± 1 [1])	9,7	0,06	0,95	1,00	0,94	0,37	0,0	14,7	15,0 (24a)	+ 1	
C_2H_2	15,4 ± 1 [1])	5,8	0,05	0,96	1,00	0,95	?	0,0	15	15,4 (24a)	+ 3	
C_2H_4	15,8 ± 1 [1])	5,5		0,96	1,00			0,0	15,2	15,4 (24a)	+ 4	
Kr (11)	14,5 ± 0,5 [2])	14,5	0,002	0,96	1,00	1,00	0,0	0,0	13,9		+ 3	
X (11)	16,8 ± 0,5 [2])	1,5		0,99	1,005	1,0	0,0	— 0,07	16,7		+ 5,6	
SO_2	18,5 ± 0,3 [3])	297 mm	0,17		1,016	0,83	1,2	— 0,17	16,6 ± 0,6 [4])		+ 0,4	6,1 ± 0,6
mit Eis	8,0 ± 0,3							— 0,19	7,9 ± 0 5 [4])			
Cl_2	15,6 ± 0,5 [3])	252	0,008		1,018	0,992	0,04	— 0,2	15,5 ± 0,5	16,9 ± 0,5	+ 0,5	5,9 ± 0,3
mit Eis	7,2 ± 0,5							— 0,22	7,1 ± 0,5 [4])			
Br_2	18,8 ± 0,6 [3])	45	0,01		1,11	0,99	0,02	— 1,1	19,6 ± 0,8		— 2,9	7,9 ± 0,5
mit Eis	8,6 ± 0,4							— 1,24	8,3 ± 0,5			
CH_3Cl	18,2 ± 1 (23a)	311	0,02		1,02	0,98		— 0,16	18,1 ± 1			
CH_3Br	19,3 ± 0,6 (16)	187			1,025			— 0,26	19,5		+ 1	8,0
mit Eis	8,2 ± 1 (16)							— 0,30	8,1			
CH_3J	31,4 ± 1 (16)	74			1,065	(0,96)	?	— 0,66	31,4		— 0,5	17
mit Eis	7,5 ± 0,5							— 0,76	7,3			
CH_2Cl_2	30 ± 3 (16)	116			1,04	(0,95)		— 0,42	29			
$CHCl_3$ (12)		(45)			1,1	0,99	0,03	— 1,1		31 (4)		
C_2H_5Cl	31,5 ± 1 (16)	201			1,02			— 0,24	31,9		+ 1,5	16
mit Eis	8,8 ± 0,5							— 0,28	8,7			
CH_3CHCl_2	29,4 ± 3 (16)	(56)			1,1			— 0,9				
CH_3F	18 ± 2 (24b)	1500										
C_2H_5F	18 ± 2 (24b)	530						— 0,1				
ClO_2	16,5 ± 2 (3)	160			1,03			— 0,3				

[1]) Berechnet aus den Tensionsangaben von Villard (25a).
[2]) Desgleichen nach Braun (2).
[3]) Desgleichen nach Roozeboom (19).
[4]) Für die Bildung aus Eis und Gas geben Tammann und Krige (22) 6,8 kcal für das Cl_2-Hydrat, 8,0 Kcal für das SO_2-Hydrat an.
[5]) Nach Tensionsmessungen von M. Godchot et al (9) am $X \cdot 6\ D_2O$ erhält man die gleichen Werte wie für $X \cdot 6\ H_2O$, dagegen scheinen für Kr. $6\ D_2O$ die Drucke bei höheren Temperaturen höher zu liegen als für Kr. $6\ H_2O$, so daß sich für Kr. $6\ D_2O$ etwa W = 16,5 kcal (unkorr.) ergibt.
[6]) Den eutektischen Punkt Wasser-Eis-Chloroform fanden wir (26) bei — 0,14° und 1,10% Chloroform; den von Wasser-Eis-Chloroformhydrat bei — 0,09 und 0,65% Chloroform.
[7]) Aus Tensionsmessungen von Roberts et al. (18). Für das Methanhydrat unsicher; unter 0° ist nur eine Tension gemessen.

hydratformeln verwandt haben. Wir haben solche Tensionsmessungen auch für die Hydrate des CH_3Br, CH_3J und C_2H_5Cl durchgeführt, und Roberts und Mitarbeiter (18) für die Hydrate des CH_4 und C_2H_6 [5]).

Da W_b für die verschiedenen Hydrate nur wenig verschieden ist, ist n vor allem durch W_a bedingt. Fig. 6 zeigt, daß man die Zusammensetzung eines Hydrates aus der Steilheit seiner Tensionskurve annähernd ablesen kann.

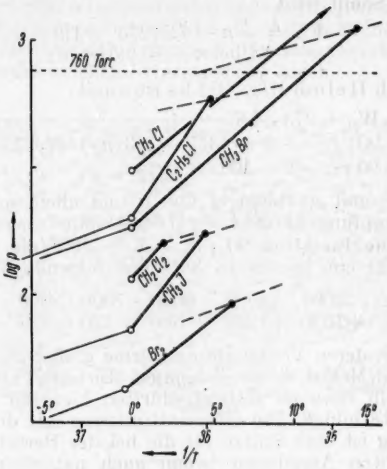


Fig. 6. *Logarithmische Tensionskurven:*
Stark ausgezogen: — der Hydrate im Gleichg. mit Wasser.
Unterhalb 0°: desgl. im Gleichgewicht mit Eis.
Schwarze Punkte: Krit. Zersetzungspunkte.
Gestrichelt: Dampfdruckkurven der Hydratbildner.

Die Berechnung der Hydratformeln aus Tensionen kann auch mit dem Massenwirkungsgesetz durchgeführt werden, wenn dieses in der strengen Form

$$a_M \cdot a^n_{H_2O} = K \cdot a_{Hydrat}$$

mit den Aktivitäten a der Reaktionspartner benutzt wird. Falls das Hydrat eine stöchiometrisch festliegende Zusammensetzung hat, so ist dessen Aktivität bei gegebener Temperatur konstant. Da die Aktivität a_M des Gases proportional dessen Druck, also der Tension P des Hydrates (nötigenfalls korrigiert nach van der Waals und vermindert um den Dampfdruck des Wassers) ist, gilt also für konstante Temperatur

$$P \cdot a^n_{H_2O} = \text{const.}$$

Eine Erniedrigung der Aktivität des Wassers um den Faktor f wird also die Tension um den Faktor f^n erhöhen. Setzt man also dem Wasser z. B. so viel Salz zu, daß sein Dampfdruck um 1% erniedrigt wird, so erhöht sich die Tension des Hydrates um n%, womit n bestimmbar ist. Sehr genau läßt sich nun die Aktivität des Wassers durch seinen Aggregatzustand ändern. So ist z. B. die Aktivität (der Dampfdruck) des Eises bei —3° um 2,8% geringer als die Aktivität von unterkühltem Wasser bei —3°. Es ist also für eine Temperatur unter 0°, wenn p_W und p_E die Dampfdrucke des Wassers bzw. Eises bei dieser Temperatur sind und wenn P_W und P_E die Hydrattensionen im Gleichgewicht mit unterkühltem Wasser bzw. Eis sind

$$P_E \cdot p^n_E = P_W \cdot p^n_W$$

also

$$n = \frac{\lg P_W - \lg P_E}{\lg p_E - \lg p_W}.$$

Diese Berechnungsweise von n ist natürlich grundsätzlich die gleiche wie die vorhin benutzte (da beide über den zweiten Hauptsatz zusammenhängen) und führt zu den gleichen Ergebnissen. Auch bei dieser Berechnung sind Korrekturen zu berücksichtigen.

[5]) Für die beiden Letztgenannten hat Mantell[18]) n aus $W_a - W_b$ berechnet.

8. *Weitere indirekte Wege zur Ermittlung der Hydratformeln.*

Bestimmt man in einem Hydratpräparat die Gesamtmenge des Hydratbildners und des Wassers und ferner die Menge des ungebundenen Wassers (und event. des ungebundenen Hydratbildners), so erhält man die Zusammensetzung des Hydrates. Zur Bestimmung des ungebundenen Wassers gibt es mehrere Möglichkeiten.

Volumänderung des ungebundenen Wassers bei Gefrieren. Diese Methode haben Tammann und Krige (22) auf das SO_2-Hydrat angewandt und fanden $n = 6{,}0 \pm 0{,}1$. Wir fanden (26) für das $CHCl_3$-Hydrat $n = 12$. Da jedoch in diesem Flüssigkeitshydrat auch ungebundenes Chloroform zugegen sein kann, so ist dies nur eine untere Grenze für n.

Thermische Analyse. Ungebundenes Wasser und ungebundener Hydratbildner können ferner durch die Wärmeentwicklung beim Gefrieren ermittelt werden. So zeigt z. B. ein Bromhydrat, das überschüssiges Wasser enthält, auf der Abkühlungskurve einen Haltepunkt bei —0,3°, bei Gegenwart von freiem Brom aber einen Haltepunkt bei —7,5°. Meist wird man beide Haltepunkte finden. Girand (8) fand aber bei sorgfältiger Herstellung des Hydrates, daß kein Haltepunkt auftritt, wenn das Präparat 52,5% Brom enthält, was der Formel $Br_2 \cdot 8\,H_2O$ entspricht.

Die Schreinemakersche Methode. Harris (12) setzte einem Bromhydratpräparat mit überschüssigem Wasser bekannte Mengen KBr zu. Die Bestimmung der KBr-Konzentration in der Mutterlauge ergibt die Menge des ungebundenen Wassers. Harris erhielt so für das Hydrat die Formel $Br_2 \cdot 10\,H_2O$. Doch dürfte diese Methode weniger genau sein. Für das BrCl-Hydrat ist nach dieser Methode (mit Zusatz von $CuSO_4$) von Anwar-Ullah (1) die Formel $BrCl \cdot 4\,H_2O$ ermittelt worden. Wir sind aber überzeugt, daß hier $n = 6$ ist.

Vergleich der röntgenographischen und pyknometrischen Dichte. Eine ganz andersartige Möglichkeit der Formelbestimmung ergibt sich, wenn einerseits die Dichte des Hydrates, andererseits die Gitterkonstante bekannt ist. Unter der sicher zutreffenden Voraussetzung, daß stets 48 Wassermolekeln im Elementarbereich sind, ergibt sich, wieviel Gasmolekeln eingesetzt werden müssen, um die pyknometrisch bestimmte Dichte zu erhalten. Leider ist diese infolge der Kristallfehler meist um etwa 5% zu gering. Die Ergebnisse sind daher nicht sehr genau, aber innerhalb ihrer Fehlergrenze eindeutig. —

9. *Berechnung der Bildungswärme und Bildungsaffinität der Gashydrate.*

Im folgenden darf ich eine Überlegung von Herrn Prof. Eucken (briefliche Mitteilung) wiedergeben.

Bei der Bildung der Gashydrate kann in erster Näherung angenommen werden, daß die Bildungsenergie des H_2O-Gitters der Hydrate etwa gleich der des gewöhnlichen Eises ist. Durch den Einbau der Gasatome in die Hohlräume dieses H_2O-Gerüstes wird aber eine Energie W^* frei, und zwar durch die Wirkung der van der Waals-Londonschen Kräfte zwischen den Gasmolekeln und den H_2O-Molekeln. Analog wie die physikalische Adsorptionswärme sollte diese Energie W^* gleich der Quadratwurzel aus der Verdampfungswärme des Hydratbildners (L) und der Verdampfungswärme des von den größeren H_2O-Aggregaten befreit gedachten Wassers (etwa 8 kcal. Eucken (5)) sein. Vergleiche hierzu A. Eucken, Lehrbuch der Chemischen Physik,

1. Aufl., S. 493. (Der dort angegebene Faktor 1/2 fällt hier fort). Diese Energie $W^* = \sqrt{L \cdot 8000}$ wäre der Wärmetönung der Reaktion

Hydratbildner (gasf.) $+ n\,H_2O$ (fest) = Hydrat, die oben mit W_b bezeichnet worden ist, gleichzusetzen.

Dies trifft tatsächlich annähernd zu. In Fig. 7 sind die einigermaßen zuverlässig bekannten W_b-Werte (in einigen Fällen berechnet aus $W_b = W_a - n \cdot 1437$) gegen die Siedetemperatur T_S des Hydrat-

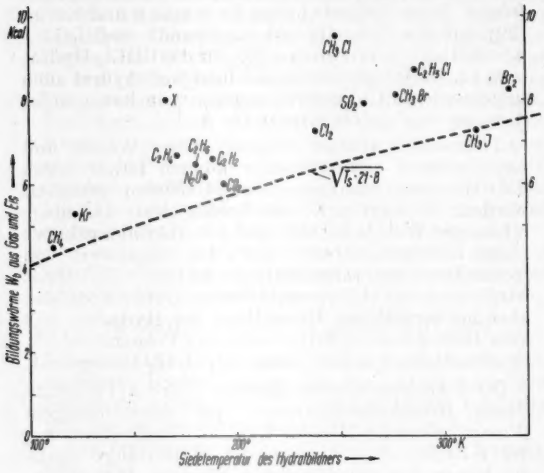


Fig. 7.

bildners aufgetragen. Die eingezeichnete Kurve entspricht der Größe $\sqrt{T_S \cdot 21 \cdot 8000}$, wobei also $T_S \cdot 21$ die nach Trouton berechnete Verdampfungswärme L_S ist. L_S ergibt jedoch sicher zu niedrige Werte. Setzt man die Verdampfungswärme L_0 (bei $T = 0°$) ein, so erhält man für W^* um 1 bis 2 kcal größere Werte. Die verfügbaren Daten ergeben:

(in kcal)	CH_4	Kr	X	C_2H_6	N_2O	CO_2	Cl_2	SO_2	CH_3J	Br_2
L_0	2,2	ca. 3,1	ca. 3,7	ca. 5,8	6	6,3	7,3	ca. 8,5	8	11
$\sqrt{L_0 \cdot 8}$	4,2	5,0	5,5	6,8	6,9	7,1	7,6	8,2	8	9,4
W_b	4,4	5,3	8,0 (!)	6,3	6,2	6,0	7,3	7,9	7,3	8,3

Die Übereinstimmung zwischen W^* und W_b ist im allgemeinen befriedigend und ermutigt zu folgender Ausnutzung des Gedankens.

Die Frage, ob ein System Gas + Wasser (von 0° C) bei allmählicher Erhöhung des Gasdruckes ein Hydrat bildet, oder ob sich das Gas kondensiert ohne ein Hydrat zu bilden, läuft auf die Frage hinaus, ob für die Reaktion $M\,(fl) + n\,H_2O\,(fl)$ = Hydrat eine positive Affinität (Abnahme der freien Enthalpie) vorhanden ist.

Diese Affinität (A) kann berechnet werden, wenn nach Eucken die Wärmetönung der Reaktion $M\,(g) + n\,H_2O$ (fest) = Hydrat zu $Q_b = \sqrt{L \cdot 8000} = 90\sqrt{L}$ cal gesetzt wird. Dann ist die Wärmetönung der obengenannten Reaktion

$$\text{Hydratbildner } (fl) + n\,H_2O\,(fl) = \text{Hydrat}$$

$W_{fl} = 90\sqrt{L} - L + n \cdot 1437$. Die Entropieänderung ΔS bei dieser Reaktion kann in erster Näherung gleich der Erstarrungsentropie von n Molen Wasser zu gewöhnlichem Eis gesetzt werden:

$$\Delta S = -n \cdot 1437/273 = -n \cdot 5{,}2$$
$$(= -31 \text{ bei } n = 6) \text{ cal/grad.}$$

Der Übergang des Hydratbildners aus der flüssigen in die hydratgebundene Form wird aber auch eine kleine Entropieabnahme bedingen. Man würde sie etwa gleich der Erstarrungsentropie und somit gleich 5 bis 10 cal/grad setzen, wenn nicht anzunehmen wäre, daß die Molekeln ihre freie Rotation auch im Hydratgitter behalten. Wir setzen daher diesen Anteil der Entropieänderung gleich der Erstarrungsentropie einatomiger Stoffe, d. h. gleich 1 bis 2 cal/grad. Somit wird

$$\Delta S = -n \cdot 1437/273 - 1{,}5$$
$$(= -33 \text{ bei } n = 6) \text{ cal/grad.}$$

Nach Helmholtz-Gibbs ist somit

$$A_{273} = W_{fl} + 273 \cdot \Delta S$$
$$= 90\sqrt{L} - L + n \cdot 1437 - 273\,(n \cdot 1437/273 + 1{,}5)$$
$$= 90\sqrt{L} - L - 400 \text{ cal.}$$

A ist somit unabhängig von n und allein aus der Verdampfungswärme L des Hydratbildners berechenbar. Die Funktion $90\sqrt{L} - L - 400$ (die bei $L = 2020$ ein Maximum hat) hat folgende Werte:

L =	2000	4000	6000	7000	8000	10000
A_{273} =	+1620	+1280	+580	+120	−350	−1400

Gase, deren Verdampfungswärme größer als etwa 7500 cal/Mol ist, deren Siedepunkt also nach Trouton oberhalb etwa 60° C liegt, dürften hiernach keine Hydrate bilden. Die Übereinstimmung mit der Erfahrung ist eine Stütze für die bei der Berechnung gemachten Annahmen (wenn auch natürlich eine gewisse Kompensation verschiedener Ungenauigkeiten vorliegen mag).

Jedenfalls zeigt die Berechnung, daß eine hohe Verdampfungswärme und somit starke van der Waalssche Kräfte einer Hydratbildung abträglich sind, indem dann an Stelle einer solchen einfache Verflüssung des Hydratbildners eintritt.

Man kann nunmehr auch den Dissoziationsdruck P eines Hydrates (z. B. für 0° C) berechnen, wenn man A wie oben aus L ermittelt und andererseits $A = -RT \ln P/p$ setzt (p = Dampfdruck des Hydratbildners bei 0°C). Man erhält, falls p und P nicht sehr groß sind (ideales Gasgesetz), eine Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Dissoziationsdruck auf $\pm$ 25% im Mittel, auch wenn man L nach Trouton berechnet. Die Streuung wird nicht wesentlich geringer, wenn man den tatsächlichen Wert von L — sei es für $T = 0°$ oder $= 273°$ — einsetzt. Es sind also die Grundlagen der Berechnungsmethode nur näherungsweise gültig.

Es wird von besonderem Interesse sein, den Abweichungen der Berechnungsergebnisse von denen der Beobachtung nachzugehen. Solche Abweichungen können entweder daran liegen, daß das Energieglied (W) der Helmholtz-Gibbsschen Gleichung oder daß das Entropieglied ($T \cdot \Delta S$) einen anderen als den berechneten Wert hat. Wenn z. B. eine große Molekel, wie die des CS_2 trotz des niedrigen Siedepunktes von 46° kein Hydrat bildet, so wird man vermuten, daß sowohl das Energieglied (Aufweitungsenergie des H_2O-Gerüstes) als auch das Entropieglied (Erhöhung der Starrheit des Gitters) durch die Größe der Molekel ungünstig beeinflußt werden. Hiermit ist auch der Zusammenhang zwischen den thermodynamischen und den vorher gegebenen volum-chemischen Betrachtungen gegeben. Im einzelnen fehlen freilich noch die Unterlagen für eine genauere Diskussion — vor allem die Kenntnis der spezifischen Wärme der Hydrate.

Eingegangen am 3. Juni 1949.

Die Stoffwechselkinetik des menschlichen Eies.

Von E. Blechschmidt.

Der Gegenstand, der uns hier interessiert, ist die embryologisch schon oft umstrittene Tatsache, daß aus einem bestimmten Ei immer nur ein bestimmter fertiger Organismus entsteht, also aus einem Froschei ein Frosch oder aus einem menschlichen Ei ein menschlicher Organismus sich entwickelt, ohne daß schon in den ersten Entwicklungsstadien ohne weiteres erkennbar ist, nach welchen *Prinzipien* dies zugeht.

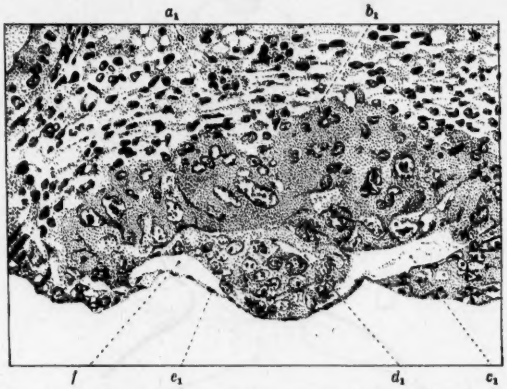


Fig. 1. Sieben Tage altes menschliches Ei mit einem größten Durchmesser von etwa $^1/_3$ mm. Fixiert und bei der Vorbehandlung zur Färbung etwas geschrumpft und abgeplattet (nach Hertig und Rock aus Arey 1948). a_1 = mütterl. Schleimhaut, b_1 = Grenze der mütterl. Schleimhaut gegen das Ei (bzw. gegen das äußere Epithel des Eies = Trophoblast), äußeres Epithel = Trophoblast = Anlage des Chorionepithels. c_1 und f_1 = Magmaraum (Anlage der extraembryonalen Leibeshöhle). d_1 = Amnionhöhle, e_1 = primitiver Fruchtsack, der sich seitlich in den Trophoblasten fortsetzt. Wie die folg. Abbildungen von Kircheiss gez.

Hier glauben wir eine bestimmte bisher unbekannte sogenannte „*stoffwechselmechanische Folgerichtigkeit*" feststellen zu können, die einen wichtigen allgemein nachweisbaren konstruktiven (also raumzeitlichen) *Faktor* bei der Differenzierung darstellt.

Nach den Kenntnissen der Descriptiven und der Descriptiv Vergleichenden Anatomie ist über die Verschiedenheit von einem fixierten, also abgestorbenen bzw. postmortal an Schnittserien studierbaren menschlichen Ei und einem in vivo (in Entwicklung) befindlichen Ei so gut wie nichts bekannt. Die gebräuchlichen Begriffe, mit denen in der Embryologie ein fixiertes Objekt beschrieben zu werden pflegt, beziehen sich zwar auf exakte, aber sektionstechnische Befunde. Dabei bleibt der natürliche Zusammenhang der Teile unbekannt. Jedoch gestattet diese Untersuchung eine sehr vollständige und zuverlässige, wenigstens räumliche Übersicht. Wir haben hiervon als von der einzigen und sicher allgemeinsten Grundlage auszugehen. Ein Schnitt wie in Fig. 1 läßt danach folgendes unterscheiden. Wir können schon, ohne eine eingreifendere Zerlegung vorzunehmen, an den Stellen d_1, c_1 und f_1 verschieden große Spalträume feststellen. Diese sind beim lebenden Objekt mit einer Art Flüssigkeit gefüllt. Wir wollen zunächst nur die Lumina, welche diese Flüssigkeiten einnehmen, bezeichnen und diese im Falle von c_1 und f_1 die vor und hinter der Bildebene miteinander kommunizierenden Anlagen der später sogenannten extraembryonale Leibeshöhle oder kurz *Magmaraum* nennen, dagegen den kleinen weiter oben bei d_1 abgebildeten Spaltraum als Amnionhöhle bzw. als Anlage des Lumens der „*Dorsalen Eiblase*" bezeichnen. Am fixierten Objekt, das hier ein etwa 7 Tage altes menschliches Ei mit einem größten Durchmesser von etwa $^1/_3$ mm darstellt, ließe sich unten als „ventrale" Begrenzung eine dünne Zellschicht abtrennen, die wir als primitiven *Fruchtsack* bezeichnen können, ohne dabei an ein selbständiges Organ zu denken. Die Fortsetzung dieses Fruchtsacks entlang dem Ei nach oben in der Figur wollen wir als den am weitesten in die Schleimhaut des Uterus *vorgedrungenen Pol* des Eies, die ihn bildende Zellschicht, durch b_1 bezeichnet, als *Trophoblast* oder als Trophoblastschale oder auch als primitives Chorionepithel auffassen. Diese Anlage des Chorionepithels und die epitheliale Anlage des Fruchtsacks zusammen soll kurz das „*Äußere Epithel des Eies*" heißen (Blechschmidt 1948).

Demnach können wir nun im Inneren des fixierten Eies von der Amnionhöhle (d_1) aus nach oben in der Figur eine dünne Epithelschicht (blaß grau gezeichnet) als Amnionepithel abgrenzen. Dieses befindet sich „dorsal" von der Amnionhöhle. Die dicke Epithelplatte, die relativ ventral von der primitiven Amnionhöhle liegt, kann einer älteren Auffassung entsprechend als Anlage der *Keimscheibe* bezeichnet werden; der mehr rechter Hand in der Figur abgebildete größere Abschnitt von ihr wird in späteren Entwicklungsstadien als der craniale *Teil der Keimscheibe* oder kurz als *Keimschild* bezeichnet.

Derart in Gedanken seziert, zerfällt ein etwa 7 Tage altes menschliches Ei in äußere und innere Epithelien, zwischen und in denen sich im Bereich jener flüssigkeiterfüllten Spalträume, wie Magmaraum und Amnionhöhle, Auflockerungen finden.

Ähnliche Verhältnisse finden sich bei menschlichen Eiern, die 10 und mehr Tage alt sind, Eier, die dann schon einen größten Durchmesser von 0,5 mm und mehr erreichen. Diese Eier sind, wie die folgende Fig. 2

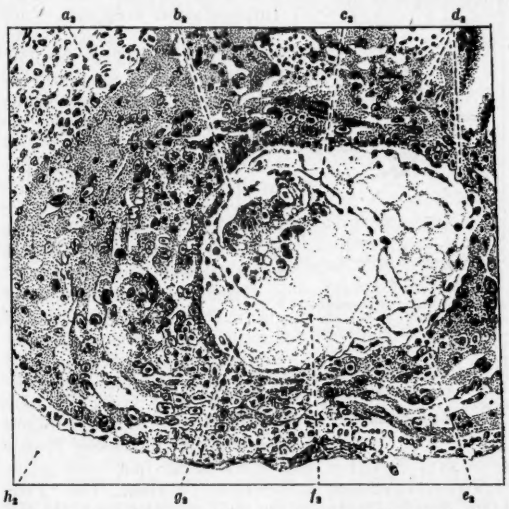


Fig. 2. Elf Tage altes menschliches Ei mit einem größten Durchmesser von etwa 0,7 mm. Größte Länge der eigentlichen Anlage des Embryo etwa $^1/_{10}$ mm (nach Hertig und Rock aus Arey (1948). a_2 = mütterl. Gewebe, b_2 = Amnionepithel, c_2 = Keimschild, d_2 = Äußeres Epithel des Eies (Trophoblast, Anlage des Chorionepithels), e_2 = ehemaliges Morulamesoderm, jetzt „Prunulamesoderm" oder Magma reticulare, f_2 = Membran an der Grenze einer zentralen „Gewebsvakuole" („Dottersackteil" der primitiven „ventralen Eiblase"), g_2 = primitives Dach der ventralen Eiblase (Entoderm der Keimscheibe), h_2 = Cavum uteri.

demonstriert, schon sehr viel flüssigkeitsreicher, man sagt interzellularsubstanzreicher. Hier ließen sich jetzt bei Entleerung des Eies durch Entnahme der Interzellularsubstanz schon sehr viel größere Hohlräume darstellen als in dem erstgenannten Entwicklungsstadium. Offenbar sind jetzt mit der Volumenvergrößerung der angesammelten Interzellularsubstanzen zwischen den Epithelien große *Differenzen zwischen der äußersten Oberfläche* des „Äußeren Epithels" und derjenigen des „Inneren Epithels" zustande gekommen. Die äußere Oberfläche des ganzen Eies ist jetzt, wie wir sagen, im Vergleich zu dem Umfang des inneren Epithels, dem Epithel des Embryonalknotens (d. i. c_2 g_2 in Fig. 2), sehr viel größer geworden als einst. Das Wachstum ist schon jetzt ungleichmäßig.

Um diese Befunde nun für das lebendige Ei zu deuten, ziehen wir jetzt eine Reihe von weiteren Beobachtungen heran.

1. Die Implantation und die frühe dorso-ventrale Differenzierung des Eies.

In Fig. 3 ist ein menschliches Ei in der Phase der Implantation, also der Einpflanzung in die Uterusschleimhaut dargestellt. Linker Hand ist die Uteruswand in einem senkrechten Durchschnitt gezeichnet, rechter Hand ist das Ei durchschnitten zu sehen. Der größte Durchmesser dieses Eies soll etwa $^1/_5$ mm, sein Alter etwa 5 Tage betragen. Wie die Formverhältnisse im Inneren des durchschnittenen Eies, die sogenannten Zellstrukturen, anzeigen, ist das Ei in diesem Entwicklungsstadium schon vielfach *gefurcht*, also sehr kleinzellig unterteilt. Durch diese Unterteilung ist nicht das Volumen, wohl aber die Oberfläche im Vergleich zu dem einzelligen Stadium *gewachsen*. Die Zahl der Zellen und ihre Kleinheit sind in Wirklichkeit extremer, als in dem Schema dargestellt ist. Näheres hierzu ist durch die Untersuchung zahlreicher Autoren bekannt. Nach diesen Untersuchungen ist jedoch nicht bekannt, mit welchen *konstruktiven Mitteln* sich diese Implantation vollzieht. Nach den bisherigen Vorstellungen wurde der Prozeß der Implantation, d. h. der naturwissenschaftlich faßbare Teil dieses biologischen Vorganges wesentlich als chemischer Prozeß angesehen. Seitdem Spemann die entwicklungsphysiologische Hypothese eines Organisators aufgestellt hat, nach der die morphologisch feststellbaren Differenzierungen nach chemisch-physiologischen Erwartungen direkt durch Stoffe hervorgebracht werden sollen (Waddington 1947), sind fast alle Entwicklungsprobleme trotz der hervorragenden Wegweisungen der Anatomen His und Roux sehr zum Schaden der Forschung fast rein physiologisch-chemisch untersucht worden. Das Problem der Ei-Implantation galt seitdem nur als ein Fermentproblem. Es schien verständlich, und wie so oft bei vermeintlich exakt naturwissenschaftlich gestellten Fragen, auch durch zahlreiche Experimente bestätigt, daß allein fermentative Zerstörungen an der Uterusschleimhaut, also chemische Prozesse das Eindringen des Eies in die Schleimhaut des Uterus erklären könnten. Trotzdem ist diese Deutung nicht überzeugend. Denn wenn tatsächlich fermentative Vorgänge allein den Prozeß der Implantation bewirken, so ist nicht einzusehen, woher die Richtung des Implantationsprozesses entsprechend dem Pfeile in Fig. 3 kommen soll und warum das junge Ei nicht der Schwere nach herunterfällt und dabei durch das Uterussekret aus dem Cavum uteri herausbefördert, also im Gegensatz zu den normalen Befunden nicht implantiert wird. Offenbar zwingt uns die Beobachtung der Implantation anzunehmen, daß hier, abgesehen von den Fermentwirkungen, noch eine *stoffwechselmechanische Wirkung* am Werke ist, von der u. a. die Fermentbildung eine der inneren Voraussetzungen ist. Wir sind durch die Beobachtung gezwungen anzunehmen, daß nicht ein Stoff an sich, sondern eine Stoffwechselmechanik des lebendigen Eies einer der allgemeinsten Faktoren des tasächlichen Bewegungsvorganges der Implantation ist. Denn das Sekret im Cavum uteri ist zur Ausführung dieser Lageänderung des Eies nicht befähigt.

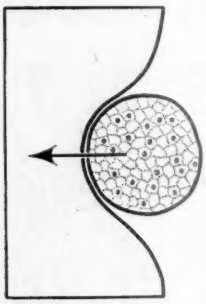


Fig. 3.
Schema eines menschlichen Eies im Morulastadium z. Z. seiner Implantation in die Uterusschleimhaut. Größter Durchmesser des Eies etwa $^1/_5$ mm. Der ungeschwänzte Pfeil zeigt die Implantationsbewegung an.

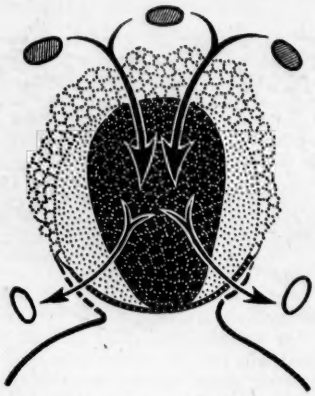


Fig. 4. Schema der ersten Stoffwechselmechanik z. Z. der Implantation. Oben Anlagen von Plazentararterien schraffiert, darunter Trophoblast als dicke Zellschicht gezeichnet. Weiter unten Embryonalknoten (schwarz). Prunulamesoderm mit viel Flüssigkeit hellgrau. Seitlich daneben Anlagegebiet der Plazentarvenen bzw. des Randsinus der Plazenta durch einfache Ringe gekennzeichnet. Die geschwänzten Pfeile zeigen geordnete submikroskopische Stoffbewegungen in einem sog. Stoffwechselfeld an.

Hier kommt uns nun eine zweite Beobachtung zu Hilfe. Die Untersuchungen der Entwicklung des mütterlichen Teiles in dem Kontaktgebiet zwischen der Schleimhaut und dem Ei haben gezeigt, daß hier in zunehmendem Maße in der Placenta an differenzierten Orten Arterien und Venen während der Gravidität entstehen. Wir wissen insonderheit durch die genauen Untersuchungen von Spanner, daß nur der am tiefsten in die Uterusschleimhaut eindringende und hier schon früh von besonders zahlreichen Chorionzotten durchsetzte Placentaabschnitt im mütterlichen Gewebe *Arterien* entwickelt (Fig. 4 schraffiert), während der mehr in der Nähe des Cavum uteri verbleibende sogenannte Rand der Placenta, der sich an der Grenze gegen den Fruchtsack bildet, in Form eines allmählich makroskopisch großwerdenden Randsinus, mächtige *Venen* entwickelt (Ringe unten in Fig. 4). Wie wir aus der Anatomie der Uterusschleimhaut wissen, sind diese Blutgefäße vor der Implantation noch nicht vorhanden, müssen also durch das Ei selbst zur Entwicklung angeregt sein.

Aus diesen Befunden nun können wir ungezwungen ein „*Stoffwechselfeld*" ablesen, das die Pfeile in Fig. 4 darstellen. Wie die geschwänzten Pfeile in dieser

Figur anschaulich machen sollen, gelangen während der Implantation fortwährend Stoffteilchen aus den mütterlichen Blutgefäßen durch das äußere Epithel des Eies an seinem zuerst in die Schleimhaut eingedrungenen Pol in das Innere des Eies, um nun nach Ablauf chemischer Veränderungen teils als Abbauprodukte, teils als Nebenprodukte, die im Stoffwechsel der Zellen entstehen, in Richtung auf das Anlagegebiet der Randvenen abzuwandern. Nach dieser Auffassung ist nicht nur das „*Äußere Epithel des Eies*" (also die Trophoblastschale, das ist die Anlage des

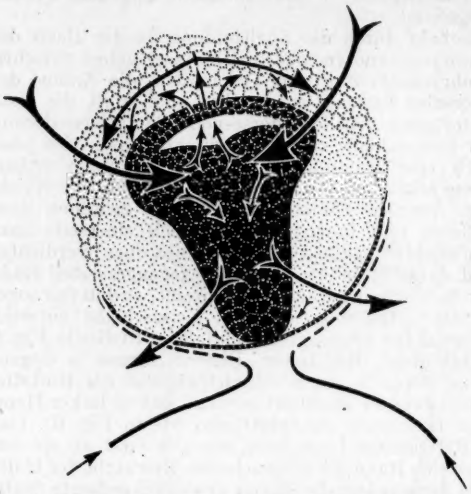


Fig. 5. Dasselbe wie zuvor z. Z. der stoffwechselmechanischen Differenzierung des Amnion. Die geschwänzten Pfeile zeigen wieder ein Stoffwechselfeld. Der Doppelpfeil mit Querstrich bedeutet stoffwechselmechanische Druckwirkung.

später sogenannten Chorionepithels), sondern zugleich auch das ganze *Ei* selbst in lebhafter Funktion *stoffwechselmechanisch polarisiert*. Mit dieser Stoffwechselmechanik saugt sich gleichsam das Ei während seiner Implantation selbsttätig, also aktiv in die Uterusschleimhaut hinein. In Übereinstimmung mit dieser Schlußfolgerung haben wir entsprechend den gezeichneten Pfeilen *geordnete submikroskopische Bewegungen* im Ei anzunehmen.

Würde keine stoffwechselmechanische Sogwirkung bei der Implantation bestehen, so würde das wachsende, d. h. durch Aufnahme von submikroskopischen Substanzteilchen an Masse und Volumen zunehmende Ei sich entweder überhaupt nicht ernähren können, oder aber die Abgabe der Stoffwechselprodukte müßte unter Isolierung des Eies entweder in das Cavum uteri oder aber unter Umgehung der Venen direkt in die Arterien erfolgen. Beides aber widerspricht den Erfahrungen, und zwar um so mehr, als das Cavum uteri während der Gravidität frühzeitig durch Obliteration verschwindet. Offenbar bereitet die Aufnahme und gleichzeitige Abgabe großer Mengen von Stoffwechselprodukten an ein und derselben Epitheloberfläche in entgegengesetzten Richtungen einem stoffwechselmechanisch sehr aktiven Epithel zunächst Schwierigkeiten und wird daher anfangs vermieden. Stoffwechselmechanisch unpolarisierte Epithelien scheinen im Ei und im Embryo zunächst nicht vorzukommen. Unpolarisierte Epithelien würden nicht nur den Mechanismus der Implantation, sondern überhaupt den Fortgang der Entwicklung hemmen.

Wir wollen nun sehen, daß sich unter der Annahme dieser Stoffwechselmechanik ohne irgendwelche künstlich hinzugetragenen besonderen Hilfshypothesen die ganze Reihe der Formbildungen, welche das weitere Wachstum mit sich bringt, nach dem Prinzip mechanisch größter Wahrscheinlichkeit ableiten läßt. Dabei wird nur die Substanz des Eies als gegeben vorausgesetzt.

Die nächste Frage ist hierbei folgende: Was geschieht, sobald der zuerst in die Schleimhaut eingedrungene Eipol hinreichend stark mit Nahrungsstoffen beladen, notgedrungen vorzugsweise entlang der äußeren Eioberfläche größer wird? Dann ist stoffwechselmechanisch wieder ein *ungleiches Wachstum* zu erwarten. Tatsächlich finden wir, daß nunmehr das äußere Epithel des Eies beträchtlich stärker an Umfang zunimmt als sein inneres Epithel, das ist der in Fig. 4 tiefschwarz gezeichnete Embryonalknoten. Das innere Epithel, das mit der Uterusschleimhaut in keinem unmittelbaren Kontakt steht, bleibt relativ zum äußeren Epithel im Wachstum zurück (vgl. Fig. 4 mit Fig. 5). Der Zwischenraum, der dabei entsteht, füllt sich währenddessen mit besonders lockerem relativ wasserreichem, also chemisch relativ einfachem Material, dem vorwiegend aus Wasser bestehenden primitiven Mesoderm, dessen Volumen nunmehr den primitiven Magmaraum als die Anlage des sogenannten extraembryonalen Coeloms enthält. Nach Fig. 4 stellt dieses Mesoderm noch undifferenziert zusammen mit dem inneren und äußeren Eiepithel jetzt somit eine Zelle höherer Ordnung dar, deren „äußeres Epithel" einer Zellwand, deren Mesoderm einem Cytoplasma und deren Embryonalknoten einem Zellkern entsprechen (Prunulaektoderm, Prunulamesoderm und Prunulaentoderm, letzteres gleich Embryonalknoten). In dem Stoffwechselfeld dieser Bestandteile bilden sich zentral in dem am wenigsten den fremden „Diffusionseinflüssen" ausgesetzten „Kern des Eies" die sogenannten Geschlechtszellen aus. Diese machen ähnlich den Chromosomen einer üblichen Zelle sozusagen den Beziehungspunkt, Nullpunkt oder das Zünglein an der Waage bei den zu- und abführenden Stoffwechselprozessen aus (Fig. 4, Stelle zwischen den Pfeilen). Wir haben diese Geschlechtszellen, die, nur von ihresgleichen ernährt, am meisten ihre Eigenart behalten und daher, wie man sagt, undifferenziert bleiben, nicht eigens in die Figuren eingezeichnet.

Wie Fig. 4 hervorheben soll, stellt das punktiert gezeichnete Gebiet des primitiven Mesoderms ortsgemäß die erste *Sammelschale von Stoffwechselprodukten* bzw. von Nebenprodukten dar, die beim Wachstum auftreten. Das Mesoderm spielt dabei konstruktiv notwendig ein Rolle als Vermittler in der stoffwechselmechanisch unvermeidlichen Differenzierung in das gegensätzlich entwickelte äußere und innere Epithel. Von diesen Epithelien wird das äußere vorwiegend Eihülle, dagegen das innere vorwiegend Embryo. Die dreigliedrige Differenzierung in das „*äußere Epithel*", in den „*Embryonalknoten*" und in das „*Primitivmesoderm*" weist so eine konstruktive Notwendigkeit auf. Eine stoffwechselmechanisch verursachte konstruktive Folgerichtigkeit in der Differenzierung ist auch in den folgenden Entwicklungsstadien nachweisbar.

Sobald der Embryonalknoten entsprechend den Fig. 4 und 5 zunächst Eiform und dann allmählich Keilform erworben hat, treibt das exzentrische Wachstum des am weitesten in die Uterusschleimhaut vorgedrungenen Eipols nunmehr die Basis des Embryonalknotens dorsal entsprechend dem oberen „Druckpfeil" in Fig. 5 auseinander, während sich ventral, also unten, die Implantationswunde unter Mitwirkung des Eies schließt (vgl. die ob. Pfeile mit den unt. in Fig. 5). Auch dieser Prozeß ist eine Aus-

wirkung einer stoffwechselmechanischen Wachstumsfunktion, die ohne ein „*Stoffwechselfeld*" nicht zu verstehen ist. Diese kann unmöglich nur auf Eigenschaften der Chromosomen allein beruhen. Offenbar kann auch hier wieder keine Differenzierung ohne Stoffwechselmechanik in einem ausgebildeten Stoffwechselfeld zustande kommen (1948). Die *äußere* und *innere* Gestaltung, also das, was wir *Differenzierung* nennen, wird *unmittelbar nicht von der Stoffwechselchemie, sondern nur von der Stoffwechselmechanik getragen.* Dies ist das Prinzip, das wir nun weiter zu verfolgen haben, ein Prinzip, das nachweislich für den ganzen Körperbau gilt.

2. *Die kranio-kaudale Differenzierung.*

Sobald der Trophoblast an seiner dicksten und stoffwechselmechanisch kräftigsten Stelle, oben in Fig. 5, stärker in das Innere der Schleimhaut vordringt, zieht er die dorsale Basis des keilförmigen Embryonalknotens an seiner breiten Verbindung mit dem äußeren Epithel stoffwechselmechanisch auseinander,

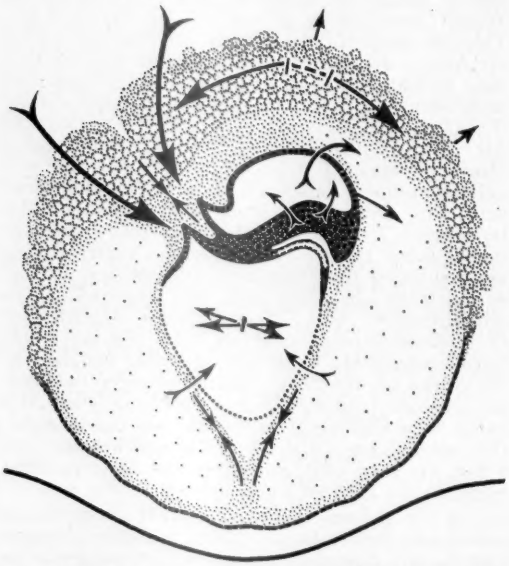


Fig. 6. Dasselbe wie in der vorigen Figur z. Z. der stoffwechselmechanischen Differenzierung des Haftstils (menschl. Blastula mit bilaminarem Keimschild). Doppelpfeil mit Querstrich = aktiv stoffwechselmechanische Druckwirkung. Doppelpfeile längs miteinander verbunden = stoffwechselmechanische passive Zugretension (Zugwiderstand). Keimschildentoderm (weiß). Darüber Neuralepithel, dahinter der Primitivstreifen, Haftstiel zwischen den beiden großen geschwänzten Pfeilen (dicht punktiert). Magma reticulare locker punktiert. Der einfache Pfeil am kranialen Pol der dorsalen Eiblase deutet eine Wachstumsbewegung an.

so daß nunmehr zwangsläufig eine Änderung des Stoffwechselfeldes im Sinne der kleinen geschwänzten Pfeile oben in Fig. 5 entsteht. Sobald der stoffwechselmechanisch kräftigste Teil des äußeren Epithels an der Stelle des stärksten Wachstums sich im Sinne des Druckpfeilpaares (Fig. 5) an dem durch den kurzen Querstrich des Pfeiles bezeichneten Orte emporwölbt, wird im Stoffwechselfeld des Embryonalknotens ein neues Abflußgebiet entsprechend den kleinen Pfeilen oben in Fig. 5 geschaffen. Dabei differenziert sich jetzt das Amnion von der Keimscheibe. Diese wird nunmehr gegen den Trophoblasten allmählich von Zellen bedeckt, die, vom direkten Nahrungsstrom abgedrängt, mit stoffwechselmechanischer Folgerichtigkeit relativ schwach bleiben (Fig. 6). Die Differenzierung des epithelialen Amnions zu einer dünnen Haut, die nunmehr an ihren Rändern fließend in das übrige Epithel des Embryonalknotens übergeht, läßt keine einfachere Beschreibung der Hauptströmungsrichtung der unklar als Fruchtwasser bezeichneten Ansammlung von Flüssigkeit in dem Stoffwechselfelde der Keimscheibe zu, als dies die Pfeile in dem Schema unserer Fig. 5 tun.

Die hier abgebildete Phase der Differenzierung wird stoffwechselmechanisch etwa mit Abschluß der Implantation erreicht. Mit dieser Differenzierung wird bei fortschreitendem Wachstum nun wiederum mit konstruktiver Notwendigkeit folgender Prozeß eingeleitet.

Sobald durch die Spaltbildung an der Basis des Embryonalknotens, also im Übergangsgebiet zwischen Embryonalknoten und Trophoblast, die Anlage der „dorsalen Eiblase" entstanden und damit die erste histologisch deutliche dorso-ventrale Differenzierung der Keimscheibe zustande gekommen ist, wird jetzt auch eine kranio-kaudale Differenzierung sichtbar. Diese erklärt sich daraus, daß irgendwo am Rande der dorsalen Eiblase das Gewebe zwischen dem äußeren und inneren Epithel sich einerseits zum *Haftstiel* (Doppelpfeil in Fig. 6 links oben) verdichtet und dabei andererseits am entgegengesetzten Ende der Keimscheibe umgekehrt einreißt, so daß das sogenannte „*Ablösungsfeld*" der Keimscheibe entsteht (Gegend des absteigenden einfachen Pfeiles in Fig. 6 rechts oben). Bei dieser „Differenzierung in Gegensätze" kann in einem Schnittpräparat der Haftstiel regelmäßig so orientiert werden, daß er linker Hand vom Beschauer erscheint (also wie in Fig. 6). Das Haftstielgebiet bezeichnen wir von jetzt ab als den kaudalen Rand der Keimscheibe. Hier stellt der Haftstiel dann später die einzige geweblich gebaute Stoffwechselbrücke zwischen der Anlage des Embryo und den sogenannten Eihüllen dar (Fig. 7). Durch die Entstehung des Ablösungsfeldes als des stoffwechselmechanisch gleichsam negativen Haftstiels wird das kraniale Ende der Keimscheibe das freibewegliche Ende der Anlage des Embryo. Die Wachstumsbewegung dieses Körperabschnitts hängt später wiederum von den stoffwechselmechanischen Flüssigkeitsverschiebungen zwischen den einzelnen Blasensystemen ab. Sobald entsprechend den geschwänzten Pfeilen in Fig. 7 das Volumen der dorsalen Eiblase auf Kosten des Volumens der darunter befindlichen ventralen Eiblase zunimmt, findet allmählich, wie wir noch sehen werden, notwendig eine *Drehung der beiden Eiblasen* mitsamt der Keimscheibe entsprechend den beiden ungeschwänzten Pfeilen in Fig. 7 statt. Damit kommt allmählich durch stoffwechselmechanische Differenzierung die Bildung der Nabelschnur zustande (punktiertes Gebiet in Fig. 17). Nach Abschluß der Nabelbildung ist die Gestalt der Keimscheibe durch ihre Umbildung zur eigentlichen embryonalen Form bereits in drei Dimensionen als Grundform des Erwachsenen erkennbar (Fig. 17). Davon sehen wir aber einstweilen noch ab, um erst noch die Primitiventwicklung nach Fig. 5 und 6 abschließend genauer zu studieren.

Sobald das Volumen des Eies in starkem Maße zunimmt, rückt der Embryonalknoten (Fig. 5) in Richtung auf den kräftigsten Teil des Trophoblasten vor. Dadurch kommt allmählich eine exzentrische Lage des inneren Eiepithels zustande (vgl. Fig. 5 mit Fig. 6). Die exzentrische Lage ist dadurch gekennzeichnet, daß ein großer Teil der Umbaustoffe bzw. der wässerigen Nebenprodukte, die beim Wachstum entstehen, ventral vom Embryonalknoten das Ei verlangsamt bzw. längere Zeit gar nicht verlassen und sich allmählich in der Coelom genannten Gewebsvakuole zentral im Morulamesoderm ansammeln

(geschwänzte Pfeile unten in Fig. 6). Dieser Flüssigkeitsherd erscheint bald durch eine kolloidchemisch entstandene Membran einigermaßen scharf gegen das randständige ursprüngliche Morula- bzw. Prunulamesoderm abgegrenzt (punktierte Linie in Fig. 6). Wie wir aus der blasigen Wölbung der Membran erschließen können, wird sie durch zentralen Flüssigkeitsdruck gespannt (zentrale Pfeile in Fig. 6). Diese Spannung ermöglicht die Dottersackbildung, indem

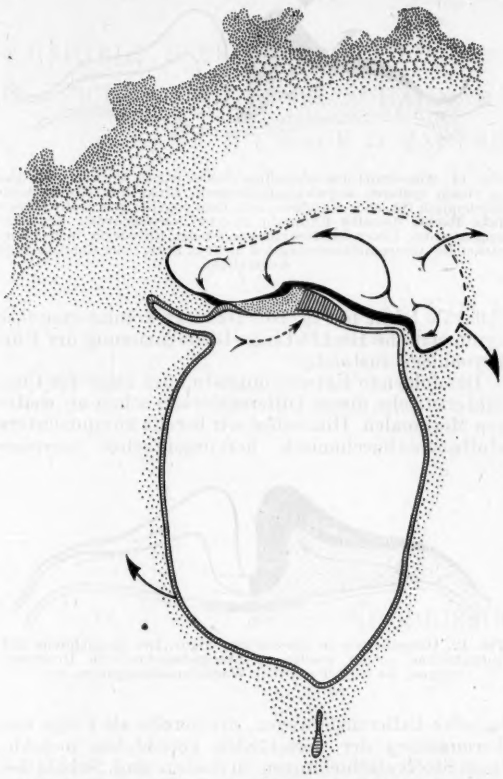


Fig. 7. Dasselbe wie in der vorigen Figur z. Z. der Mesodermbildung im Innern der Keimscheibe (Keimschild mit trilaminarem Keimschild). Kopffortsatz noch im kaudalen Gebiet des Keimschildes vorwachsend (schräg schraffiert); kaudal dahinter Primitivstreifen (punktiert); weiter kaudal am Ende der ganzen Keimscheibe Kloakenmembran (schwarz und schraffiert). Linker Hand als „Zipfel der ventralen Eiblase" die sog. Allantois längsgeschnitten. Oben der relativ feste Teil der „Trophoblastschale", wieder entsprechend Fig. 6 mit relativ festen Zellwänden ausgestattet. Das im Embryonalknotengebiet punktiert und schraffiert gezeichnete Material ist einheitlich weich (mesenchymal) differenziert. Bei den geschwänzten Pfeilen sind wie in den folgenden Figuren an den offenen Epithelgrenzen Austauschströme von Stoffen in Gegenrichtung hinzuzudenken.

das Entoderm unter Flächenwachstum die Membran als Leitstruktur benützt. Erst dadurch kommt die oben schon erwähnte ventrale Eiblase ortsgemäß zur Entwicklung (Fig. 7).

Hiermit kommt nun folgende Entwicklungsperiode zustande. Sobald das Epithel, das den Boden der dorsalen Eiblase bildet, stoffwechselmechanisch im Sinne der geschwänzten Pfeile in Fig. 6 polarisiert ist, und nun, wie wir schließen, ein größeres Quantum „Flüssigkeit" in die Amnionhöhle ausgeschwitzt wird, quillt der relativ weiche und zartwandige Teil der dorsalen Eiblase, der in Fig. 7 durch Strichelung gekennzeichnet ist, über den relativ festeren Bodenteil der Blase empor. Dabei wölbt sich der Keimschild ungleich fest ins Lumen der dorsalen Eiblase hinein. Man sagt, daß nunmehr der eigentliche Embryo sich aus dem Keimschild zu entwickeln bzw. abzuheben beginnt. Auch dieser morphologische Differenzierungsvorgang hat wieder stoffwechselmechanischen Charakter, der durch besondere Präzision gekennzeichnet ist. Denn die Abfaltung des Embryo ist in dem gegebenen Stoffwechselfeld sowohl an einen Wachstumsunterschied zwischen Ektoderm und Entoderm gebunden (Fig. 8), als auch an einen Wachstumsunterschied zwischen dem Ektoderm selbst

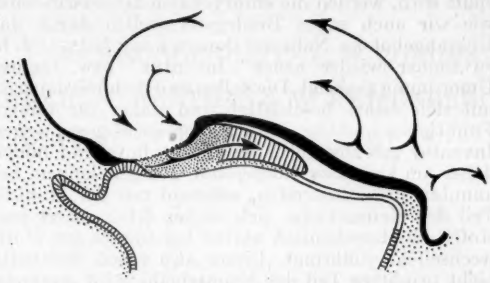


Fig. 8. Ausschnitt aus der vorigen Figur bei stärkerer Vergrößerung (im Gebiet des Keimschildes paramedian bzw. schräg geschnitten). Ektoderm des Keimschildes (schwarz), Entoderm des Keimschildes (weiß mit schwarzen Konturen). Links Haftstiel, rechts Ablösungsfeld des kranialen Amnionpols. Rechts unten und links unten Hüllmesoderm des Dottersackabschnittes der ventralen Eiblase punktiert.

und seiner kräftigen Basalmembran an seiner Unterseite (in Fig. 9 und 10 weiß gezeichnet). Den ganzen biologischen Prozeß, der in dem Vorgang der Abfaltung enthalten ist, haben wir uns daher in stoffwechselmechanischer Hinsicht als mehrfach gesichert vorzustellen.

Während dieser Veränderungen weist die morphologische Differenzierung auch im Innern der Keimscheibe eine konstruktive Folgerichtigkeit auf

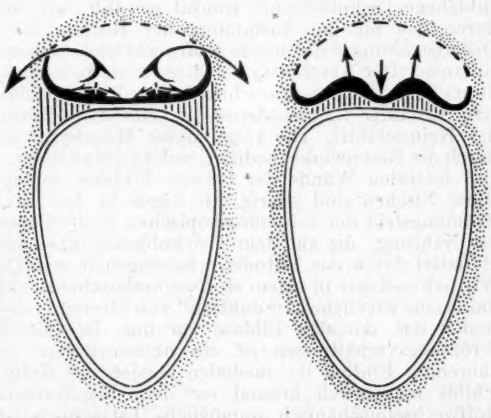


Fig. 9 (links). Dasselbe wie in der vorigen Figur (im vorderen Keimschildgebiet quer geschnitten). Die schraffiert gezeichneten Felder zeigen Einströmungsgebiete von Nahrungsstoffen an, die aus dem Haftstiel kommen und vorzugsweise zum Ektoderm gelangen. Die beiden Neuralwülste erzeugen stoffwechselmechanischen Druck in Richtung der kleinen Pfeile.

Fig. 10 (rechts). Dasselbe wie zuvor mit eingezeichneten Wachstumsbewegungen.

(Schema Fig. 8). Wie Fig. 8 erkennen läßt, wächst das Gewebe im Innern der Keimscheibe stets gemäß dem Stoffwechselfelde kranialwärts vor (Pfeil im Innern der Keimscheibe, Fig. 8). Man sagt, die Keimscheibe bildet einen sogenannten Kopffortsatz (Fig. 8, schräg schraffiert). In Übereinstimmung damit werden in dem Stoffwechselfeld die Epithelien der

beiden Eiblasen am kaudalen Rande der Keimscheibe eng aneinandergebracht. Hier differenziert sich ortsgemäß die sogenannte Kloakenmembran aus (Fig. 8 links unter dem letzten Pfeil).

Während hier lateral von der Kloakenmembran, also vor und hinter der Bildebene, die zerfließliche Grundsubstanz im Innern der Keimscheibe von seiten des Haftstiels aus in kranialer Richtung mit wassergelösten Nahrungsstoffen molekular durchspült wird, werden die embryonalen Mesoderm- oder wie wir auch sagen Bindegewebszellen durch das Überangebot an Nahrung dauernd zur Mitose, d. h. zu immer wieder neuer „Inventur" bzw. innerer Umordnung genötigt. Die Zellen sind dadurch dauernd mit sich selbst beschäftigt und daher für äußere Funktionen unfähig. Sie scheinen sozusagen „wegen Inventur geschlossen". Sie bleiben jung und bilden daher am kaudalen Körperende den seit langem bekannten Primitivstreifen, während nur der kraniale Teil der Keimscheibe sich weiter differenziert und stoffwechselmechanisch aktive Leistungen im Stoffwechselfeld vollbringt. Dieser also schon frühzeitig nicht primitive Teil der Keimscheibe wird nunmehr Keimschild genannt (Gebiet des Kopffortsatzes und entsprechend daneben gelegenes Gebiet in Fig. 8).

Was sich so bei der dorso-ventralen und kraniokaudalen Differenzierung des Embryo erkennen läßt, stellt sich im Prinzip nun auch bei der Links-Rechts-Differenzierung des Embryo heraus.

3. Die frühe histologisch sichtbare Rechts-Links-Differenzierung.

In Fig. 9 ist ein Querschnitt durch den vorderen Abschnitt eines Keimschildes dargestellt, der etwa der Entwicklungsstufe Fig. 7 entspricht. Hier ist oben in der Figur wieder dasselbe Stoffwechselfeld eingezeichnet wie in Fig. 7. Im Vergleich zu der sagittalen Bildebene jener Figur ist jetzt aber die Bildebene (Schnittebene) frontal gewählt, um dadurch das für die Ausbildung der Rechts-Links-Differenzierung maßgebende Stoffwechselfeld kennenzulernen. Der Abschnitt, der hier rechts bzw. links durch Schraffur gekennzeichnet ist, stellt die kranialsten Ausläufer des Mesoderms dar (Mesoderm-Flügel des Keimschilds). Die Lage dieses Mesoderms ist durch die Raumwinkel bedingt, welche die seitlichen, also lateralen Wände der beiden Eiblasen bilden. Diese Nischen sind paarig. Sie liegen in dem Einströmungsfeld der submikroskopischen Stoffteilchen der Nahrung, die aus dem Trophoblasten über den Haftstiel durch das Ektoderm hereingeholt werden. Wir haben daher in einem stoffwechselmechanischen Sinne eine wirkliche „In-duktion" von Stoffen in den Boden der dorsalen Eiblase vor uns. Bei diesen Strömungsverhältnissen ist ein nennenswerter ernährender Einfluß im medialen Gebiet des Keimschilds namentlich kranial *vor* dem Kopffortsatz stoffwechselmechanisch unmöglich. Tatsächlich ist hier das Wachstum der Gewebe nur gering. Das Epithel bleibt dünn (Fig. 9, Gebiet zwischen den Pfeilwurzeln). Der Spaltraum unter dem Ektoderm scheint hier frühzeitig leer gepumpt. Seine Wände, welche Teile der alten „Wasserbecken" oder Blindsäcke, genannt Eiblasen, darstellen und dort stoffwechselmechanisch offene Grenzen haben, behalten dementsprechend lange Zeit ihre primitiven Verhältnisse bei. Nur die lateralen Abschnitte von der jetzt sogenannten Neuralrinne wachsen kräftig und vergrößern sich beiderseits von der Neuralrinne in ihrer Oberfläche und in der Dicke. Während dabei das vom Strömungsfeld des Keimschildektoderms abhängige Entoderm im Wachstum zurückbleibt, drängen die paarigen Ektodermstreifen, die jetzt die Neuralrinne flankieren, zwangsläufig das Epithel der Neuralrinne medialwärts zusammen, während ihre frei an das Fruchtwasser angrenzenden Zellen aufquellen. Hier bilden sich jetzt stoffwechselmechanisch folgerichtig paarig die sogenannten Neuralwülste aus (Fig. 10). Diese Neuralwülste heben sich allmählich deutlich über das Niveau der Neuralrinne empor

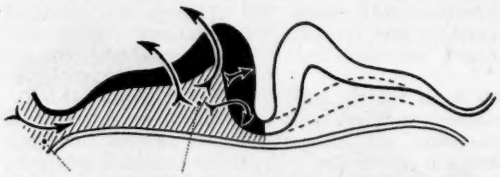


Fig. 11. Ausschnitt aus demselben Gebiet wie in der vorigen Figur in einem späteren Entwicklungsstadium. Links das stoffwechselmechanisch führende Ektoderm mit dem zugehörigen Stoffwechselfeld. Rechts dasselbe Ektoderm in zwei verschiedenen Entwicklungsstadien. Unter der Neuralrinne ist das Entoderm in der vorstehenden Querschnittsebene noch nicht in Form einer Chordaanlage eingefaltet.

(laterale Pfeile in Fig. 10). Dadurch kommt eine fast symmetrische Rechts-Links-Differenzierung der Embryoanlage zustande.

Das folgende Entwicklungsstadium zeigt das Charakteristische dieser Differenzierung schon an weiteren Merkmalen. Hier sehen wir bereits kompliziertere stoffwechselmechanisch hervorgebrachte morpho-

Fig. 12. Dasselbe wie in der vorigen Figur. Die Doppelpfeile mit Querstrichen zeigen wieder stoffwechselmechanische Druckwirkungen, die einfachen Pfeile Wachstumsbewegungen an.

logische Differenzierungen, die bereits als Folge von *Vermischung* der verschieden gerichteten molekularen Stoffverschiebungen zu deuten sind. Sobald bei (x) in Fig. 11 hochmolekulare Stoffe aus dem Haftstiel in kranialer Richtung durch die Tätigkeit des Ektoderms antransportiert werden, um „diathelial" weiterzuströmen, während gleichzeitig bei (y) wassergelöste kleinmolekulare Abbau- bzw. Nebenprodukte

Fig. 13. Dasselbe wie in der vorigen Figur im Beginn der Neuralrohrbildung. Zur Übersicht sind zwei verschiedene Entwicklungsstadien des Neuralepithels ineinandergezeichnet.

des Zellstoffwechsels in dem Stoffwechselfeld, das die Zellen umgibt, medialwärts in den Keimschild eingeschwemmt werden (Pfeil links in Fig. 11), so ist in dem Mesoderm zwischen (x) und (y) über dem relativ formstarren und stoffwechselmechanisch im Wachstum behinderten Entoderm ein Quellungsdruck zu erwarten, der das Ektoderm im kranialen Keimscheibengebiet in Richtung des weiß gezeichneten Pfeiles in Fig. 12 nach medial drängt. Die

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG
VON

J. BARTELS E. BEDERKE H. BROCKMANN P. TEN BRUGGENCATE C. W. CORRENS
H. v. FICKER R. GRAMMEL O. HAHN R. HARDER M. HARTMANN W. HEISENBERG
A. KÜHN M. v. LAUE H. MARTIUS R. W. POHL H. REIN E. SCHMIDT

HERAUSGEGEBEN
VON

ARNOLD EUCKEN

SECHSUNDDREISSIGSTER JAHRGANG 1949

BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG
SPRINGER-VERLAG
1949

Veröffentlicht unter Zulassungs-Nr. 48 der Britischen Militärregierung.
Druck: A. Bagel, Düsseldorf. - Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis.

I. Verzeichnis der größeren Aufsätze und Berichte[1]).

Allgemeines, Geschichte der Naturwissenschaften, Persönliches.

Aus den Erinnerungen eines alten Thermochemikers. Von W. A. Roth. A 225.
Carl Bosch und die Naturwissenschaft. Von K. Holdermann. A 161.
Max von Laue. Von E. Lamla. A 353.
Nachruf für Professor Karl Bonhoeffer. Von G. Stertz. A 257.
Richard Willstätter. Von R. Kuhn. A 1.
Zur Erinnerung an Laplace. Von G. Kowalewski. A 97.
Zur geistesgeschichtlichen Stellung der deutschen Geologie. Von R. Brinkmann. A 65.
Zur Geschichte der Entdeckung der Natur der Becquerelstrahlen. Von St. Meyer. A 129.
Zum hundertsten Geburtstag von Felix Klein. Von A. Sommerfeld. A 289.

Astronomie und Astrophysik.

Neuere Ergebnisse und Stand der Erforschung der planetarischen Nebel. Von K. Wurm. Ber 273, 306.
Neuere Untersuchungen über die interstellare Materie. Von C. Schallén. A 33.
Rückschau und Ausblick auf die Erforschung der Meteore. Von C. Hoffmeister. A 68.
Turmteleskope. Von H. Gollnow. Ber 175, 213.

Reine und angewandte Physik.

Der gegenwärtige Stand des Helium-II-Problems. Von L. Meyer und W. Band. A 5.
Die Flammengeschwindigkeit in stationär brennenden Flammen. Von E. Bartholomé. A 171, 206.
Die Integrieranlage IPM-Ott für gewöhnliche Differentialgleichungen. Von A. Walther und H.-J. Dreyer. A 199.
Die Linearität der elektrodynamischen Gleichungen von Maxwell. Von P. Kunze. A 356.
Die Lokalisation des Schalles im Raum. Von H. Klensch. A 145.
Die physikalischen Grundlagen der Kristallzähler. Von F. Stöckmann. Ber 82.
Erinnerungen an die Entdeckung der Inteferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. Von W. Friedrich. A 354.
Feste Gashydrate. Von M. v. Stackelberg. A 327, 359.
Gasblasen in Flüssigkeiten. Von R. Seeliger. A 41.
Goethes „Umgewendeter Regenbogenstreif" und das umgekehrte Spektrum. Von H. Podesta. A 339.
Hochfrequenz-Spektroskopie. Von W. Braunbek. A 98, Nachtrag A 338.
Methoden und Anwendungen der Neutronenbeugung. Von C. G. Shull und E. O. Wollan. A 291.
Neuere Untersuchungen über die Phosphoreszenz organischer Stoffe in festen Lösungen. Von Th. Förster. A 240.

Geophysik, einschließlich Meteorologie.

Die Elektronenerzeugung in der Ionosphäre. Von R. Seeliger. A 321.
Objektive Begründung von Klimasummenmaßen. Von H. Wachter. Ber 370.

Reine und angewandte Chemie.

Die Flammengeschwindigkeit in stationär brennenden Flammen. Von E. Bartholomé. A 171, 206.
Feste Gashydrate. Von M. v. Stackelberg. A 327, 359.
Neuere Untersuchungen über die Phosphoreszenz organischer Stoffe in festen Lösungen. Von Th. Förster. Ber 240.
Untersuchungen über Kontaktkatalyse. Von A. Eucken. A 48, 74.
Zusammenhänge in der Chemie schwefelhaltiger Naturstoffe. Von A. Schöberl. Ber 121, 149.

Mineralogie, Geologie, einschließlich Paläontologie, Geographie.

Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitklimas. Von J. Büdel. A 105, 133.
Fossile Korallenriffe und Wegeners Drifthypothese. Von M. Schwarzbach. A 229.
Geologisches Erdalter und astrophysikalisches Weltalter. Von R. Dehm. A 166.
Zur geistesgeschichtlichen Stellung der deutschen Geologie. Von R. Brinckmann. A 65.
Zur Kenntnis des Fayums. Von S. Passarge. A 16.

Allgemeine und spezielle Biologie und Physiologie.

Blutdruck und Häutung bei Spinnen. Von H. Homann. A 21.
Das Problem der Indifferenz. Von H. Eidmann. A 268.
Der Generationswechsel der Pflanzen. Von K. Paech. A 140.
Die Collembolen in der Ökologie. Von F. Schaller. A 296.
Die Entdeckung des menschlichen Zwischenkiefers durch Goethe und Oken. Von M. Pfannenstiel. A 193.
Die Lokalisation des Schalles im Raum. Von H. Klensch. A 145.
Die Stiel-Spreiten-Relation als Ausdruck des Prinzips der variablen Proportionen. Von W. Troll. A 333.
Die Stoffwechselkinetik des menschlichen Eies. Von E. Blechschmidt. A 363.
Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet des pflanzlichen Wachstums. Von H. v. Witsch. Ber 53.
Totale Keimblattchimären bei Triton. Von O. Mangold. A 112.
Über die Genetik von Paramaecium. Von V. Schwartz. Ber 182.
Über ein Regulationssystem „Milz-Leber" für den oxydativen Stoffwechsel der Körpergewebe und besonders des Herzens. Von H. Rein. A 233, 260.
Wege und Mißwege der Keimentwicklung. Von E. Fischer. A 299.

Anthropologie und Medizin.

Naturwissenschaftliche Fragen auf dem 27. Deutschen Gynäkologenkongreß in Karlsruhe vom 20. bis 23. April 1949. Von R. K. Kepp. Ber 340.
55. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin. Von F. Hartmann. Ber 245.

[1]) A = Aufsatz, Ber = Bericht.

II. Autorenregister[1]).

Angerer, O. A., Zur Frage der wirksamen Komponente von Ultraschall. Z 217.
D'Ans, J. und G. Heinrich, Zur Chromatographie von Elektrolyten. Z 317.
—, —. und E. Ulrich, Über die Umsetzungen des Montmorrillonits mit Neutralsalzlösungen. Z 344.
Band, W., siehe Meyer, L. A 5.
Bartels, H., Die Bestimmung des physikalisch gelösten Sauerstoffs in biologischen Flüssigkeiten mit der Quecksilbertropfelektrode. Z 375.
—, —. und W. Göing, Über eine neue Methode zur Temperaturmessung in hochtemperierten Bogensäulen. Z 279.
Bartholomé, E., Die Flammengeschwindigkeit in stationär brennenden Flammen. A 171, 206.
Behrens, H., Flammenspektren und Kinetik von Radikalreaktionen. Z 374.

[1]) A = Aufsatz, Ber = Bericht, Z = Kurze Originalmitteilung.

Behrens, H. und F. Rössler, Flammenspektren mit Stickoxyd als Verbrennungspartner. Z 218.
Birkofer, L. und A. Birkofer, Bakteriostatische Wirkung einiger Phenazinderivate auf Mycobacterium tuberculosis, typ. gallinaceus. Z 92.
Birkofer, A., siehe Birkofer, L. Z 92.
Blechschmidt, E., Die Stoffwechselkinetik des menschlichen Eies. A 363.
Bleek, H., W. Paul, H. J. Schmermund und G. Schubert, Über die Wirkung von Röntgenstrahlen und schnellen Elektronen auf Mitosevorgänge in Wurzelspitzenzellen von Hordeum. Z 28.
Bock, R. und E. Bock, Über die Verteilung von Nitraten Seltener Erden zwischen wäßrigen Lösungen und organischen Lösungsmitteln. Z 344.
Bock, E., siehe Bock, R. Z 344.
Brandtner, E. und H. Flohn, Zur Statistik polarer Luftdruckwellen. Z 156.
Brauer, I., siehe Kiepenheuer, K. O. Z 27.
Braun, F., siehe Schöpf, C. Z 377.
Braunbek, W., Hochfrequenz-Spektroskopie. A 98.
—, —. Nachtrag zum Aufsatz: Hochfrequenz-Spektroskopie. A 338.
Brinkmann, R., Zur geistesgeschichtlichen Stellung der deutschen Geologie. A 65.
Brockmann, H. und N. Grubhofer, Actinomycin C. Z 376.
Brose, U., siehe Lettré, H. Z 57.
Brück, R., siehe Hieber, W. Z 312.
Büdel, J., Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitklimas. A 105, A 133.
Burkhart, K., Beziehung zwischen den magnetischen Tagesvariationen und der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes. Z 372.
—, —. Deutung erdmagnetischer Sturmvariationen durch Stoßionisation. Z 185.

Dehm, R., Geologisches Erdalter und astrophysikalisches Weltalter. A 166.
Deuticke, H. J., H. Kathen, R. Harder, Analyse von Algenlipoiden. Z 60.
Dieminger, W. und H. G. Möller, Zur magnetischen Dreifach-Aufspaltung in der Ionosphäre. Z 56.
Dobeneck, H. v., Stellungnahme zur Erwiderung Prof. Dr. W. Siedels auf meine Diskussionsbemerkung. Z 219.
Dose, A., siehe Landwehr, R. Z 342.
Dürken, A., Über die Wirkung der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht auf die Ohranlage bei Triton alpestris. Z 347.

Eidmann, H., Das Problem der Indifferenz. A 268.
Engel, W., siehe Holzapfel, L. Z 375.
Eucken, A., Untersuchungen über Kontaktkatalyse. A 48, 74.

Faß, H., G. Höhne, W. Paul und G. Schubert, Über die Letalschädigung von Drosophila-Eiern durch Röntgenstrahlen und schnelle Elektronen eines 6 MeV — Betatrons. Z 381.
Fischer, E., Wege und Mißwege der Keimentwicklung. A 299.
Fischer, E., siehe Wieland, Th., Z 219, 280.
Flohn, H., siehe Brandtner, E. Z 156.
Förster, Th., Fluoreszenzspektrum und Wasserstoffionenkonzentration. Z 186.
—,—. Neuere Untersuchungen über die Phosphoreszenz organischer Stoffe in festen Lösungen. Ber 240.
Fricke, R. und A. Seitz, Über die unmittelbare Messung unregelmäßiger Gitterstörungen mit dem Geiger-Zählrohr. Z 156.
Friedrich, W., Erinnerungen an die Entdeckung der Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. A 354.
Füchtbauer, He. und H. Theismann, Zur Wirkung des Ultraschalls auf Bakterien. Z 346.

Göing, W., siehe Bartels, H. Z 279.
Gönnert, R., siehe Hackmann, C. Z 29.
Gollnow, H., Turmteleskope. Ber 175, 213.
Graul, E. H. und F. Krüger, Die Wirkung des infraroten, sichtbaren und UV-Lichts auf den Sauerstoffverbrauch von Enchyträus albidus. Z 283.
Grubhofer, N. siehe Brockmann, H. Z 376.

Hackmann, C., R. Gönnert und H. Mauß, Untersuchungen über die tumorhemmende Wirkung des Miracils. Z 29.
Hansmann, G. und H. Pietsch, Elektronenmikroskopische Abbildung von Membranfilteroberflächen. Z 250.
Harder, R. und H. van Senden, Antagonistische Wirkung von Wuchsstoff und „Blühhormon". Z 348.
—, —. siehe Deuticke, H. J. Z 60.
Harte, C., siehe Kiepenheuer, K. O. Z 27.
Harteck, P. und H. E. Sueß, Der Deuteriumgehalt des freien Wasserstoffs in der Erdatmosphäre. Z 218.
Hartmann, F., Der Einfluß von Eiweißen auf ein Cholesterinsol. Z 378.
—, —. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin. Ber 245.
Haul, R., siehe Rust, H. Z 374.
Hausser, K. H., Die Quantenbilanz der cis-trans-Umwandlung von Triphenylformazan durch sichtbares Licht. Z 313.
—, —. Die Quantenbilanz der Umwandlung von Triphenyltetrazoliumchlorid und Triphenylformazan durch ultraviolettes Licht. Z 314.
Hausser, I., Die Quantenbilanz der cis $\rightleftarrows$ trans-Umwandlung von Azobenzol. Z 315.
Haxel, O., siehe Jensen, J. H. D. Z 155.
—, —. siehe Sueß, H. E. Z 153.
Heindze, H., siehe Stackelberg, M. v. Z 187.
Heinrich, G., siehe D'Ans, J. Z 317.
Helwig, G. und E. Menke, Elektronenmikroskopie an Zellfortsätzen im menschlichen Zahnbein. Z 281.
Herold, B., siehe Micheel, F. Z 157.
Heusinger, P.-P., Schallgeschwindigkeit in leichtem und schwerem Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur. Z 279.
Hieber, W. und R. Brück, Nickel (IV) — Komplexe und ihre Bedeutung bei der Bildung des Carbonyls. Z 312.
Höhne, G., siehe Faß, H. Z 381.
Hoffmeister, C., Rückschau und Ausblick auf die Erforschung der Meteore. A 68.
Hoffrogge, Chr., Mit Schulerpendeln gemessene Schwereschwankungen durch Sonne und Mond. Z 312.
Holdermann, K., Carl Bosch und die Naturwissenschaft. A 161.
Holst, E. v., Zur Funktion des Statolithenapparates im Wirbeltierlabyrinth. Z 127.
Holzapfel, L. und W. Engel, Mikroskopischer Nachweis der Reaktion von Blutsubstanzen mit aktivem Quarz. Z 252.
—, —. und W. Engel, Nachweis der Galaktose als charakteristische Adsorptionskomponente an Asbest. Z 375.
Homann, H., Blutdruck und Häutung bei Spinnen. A 21.

Jensen, J. H. D., H. E. Sueß und O. Haxel, Modellmäßige Deutung der ausgezeichneten Nucleonenzahlen im Kernbau. Z 155.
Jensen, J. H. D., siehe Sueß, E. Z 153.
Justi, E., Keine Supraleitfähigkeit in Na- NH_3-Lösungen. Z 343.

Kaestner, A., Über den Farbsinn der Spinnen. Z 58.
Kathen, H., siehe Deuticke, H. J. Z 60.
Kepp, R. K., Naturwissenschaftliche Fragen auf dem 27. Deutschen Gynäkologenkongreß in Karlsruhe vom 20. bis 23. April 1949. Ber 340.
Kiepenheuer, K. O., I. Brauer und C. Harte, Über die Wirkung von Meterwellen auf das Teilungswachstum der Pflanzen. Z 27.
Klensch, H., Die Lokalisation des Schalles im Raum. A 145.
Kohler, M., Eine Ähnlichkeitsregel für die Wärmeleitfähigkeit der Metalle. Z 186.
—, —. Magnetische Widerstandsänderung und Leitfähigkeitstypen. Z 86.
Kowalewski, G., Zur Erinnerung an Laplace. A 97.

Krüger, F., siehe Graul, E. H. Z 283.
Küster, E. und H. Theismann, Über den Einfluß von Ultraschall auf Aspergillus niger. Z 380.
Kuhn, R., Richard Willstätter. A 1.
Kunze, P., Die Linearität der elektrodynamischen Gleichungen von Maxwell. A 356.

Lamla, E., Max von Laue. A 353.
Landschütz, Chr., Aufhebung der Mitosegiftwirkung des Colchicins durch herzwirksame Glykoside an Hühnerherzfibroblasten in vitro. Z 379.
Landwehr, R. und A. Dose, Zur Bestimmung der Isopachen (Linien gleicher Hauptspannungssumme) in der Spannungsoptik. Z 342.
Larsen, V., Phosphatunterschiede im Urin von Tumorkranken und Gesunden bzw. Operierten. Z 379.
Lattin, G. de, Ein Farbgen als relativer Geschlechtsrealisator bei Porcellio scaber (Isopoda). Z 89.
Lettré, H. und U. Brose, Über Bis-diazo-alkane. Z 57.
Lundgren, G. und L. G. Sillén, Die Kristallstruktur von Th $(OH)_2$ $CrO_4.H_2O$. Die $Th(OH)_2$-Kette, ein neues Strukturelement. Z 345.

Maier-Leibnitz, H., siehe Wieland, Th. Z 280.
Mangold, O., Totale Keimblattchimären bei Triton. A 112.
Mauß, H., siehe Hackmann, C. Z 29.
Mecke, R. und A. Reuter, Zur Berechnung von Dipolmomenten nach der Theorie von Onsager. Z 251.
Menke, E., siehe Helwig, G., Z 281.
Meyer, L. und W. Band, Der gegenwärtige Stand des Helium-II-Problems. A 5.
Meyer, St., Zur Geschichte der Entdeckung der Natur der Becquerelstrahlen. A 129.
Michaelis, P., Über Plasmon-inducierte Genlabilität. Z 220.
Micheel, F. und B. Herold, Zur Struktur der Eiweißstoffe. Z 157.
Mittelstaedt, H., Telotaxis und Optomotorik von Eristalis bei Augeninversion. Z 90.
Möller, H. G., siehe Dieminger, W. Z 56.

Neuhaus, A. und W. Noll, Zur Kristallchemie des Zinnsteins. Z 26.
Neumann, K., Die Wachstumsgeschwindigkeit von Eisdecken in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit. Z 249.
—, —. Über eine Methode der quantitativen Bestimmung der Phosphatase-Aktivität in $2{,}5 \cdot 10^{-7}$ Milligramm Gewebe mittels histologischer Technik. Z 89.
Noll, W., siehe Neuhaus, A. Z 26.

Paech, K., Der Generationswechsel der Pflanzen. A 140.
Passarge, S., Zur Kenntnis des Fayums. A 16.
Paul, W., siehe Bleek, H. Z 28.
—, —. siehe Faß, H. Z 381.
—, —. Spaltung des Deuterons durch Elektronenstoß. Z 31.
Pfannenstiel, M., Die Entdeckung des menschlichen Zwischenkiefers durch Goethe und Oken. A 193.
Pfeiffer, H. H., Lebendmikroskopie mit monochromatischem und polarisiertem Licht. Z 318.
Piekarski, G., Menschliche Toxoplasma-Infektionen in Deutschland. Z 158.
Pietsch, H., siehe Hansmann, G. Z 250.
Podesta, H., Goethes „Umgewendeter Regenbogenstreif" und das umgekehrte Spektrum. Ber 339.
Pohl, R. und B. Tegethoff, Der Hemmstoff des Maisscutellums ein Wuchsstoffinaktivator. Z 319.

Rein, H., Über ein Regulationssystem „Milz—Leber" für den oxydativen Stoffwechsel der Körpergewebe und besonders des Herzens. A 233, 260.
Reitberger, A., Über polyploide Ruhekerne bei Cruciferen. Z 380.
Reuter, A., siehe Mecke, R. Z 251.
Rippel, K., Die Inaktivierung des Blattrollvirus durch Nucleinsäure und die Überführung des Blattrollvirus in Kräuselmosaik (A-Virus) durch ein proteolytisches Ferment bei Solanum tuberosum. Z 188.
Rössler, F., siehe Behrens, H. Z 218.
Roka, E. G. v., Theorie der negativen Korrelation zwischen 27tägiger Variation der kosmischen Strahlung und Caflocculi-Charakterzahlen. Z 24.
Roth, W. A., Aus den Erinnerungen eines alten Thermochemikers, A 225.
Rümker, R. v., siehe Winter, A.G. Z 30.
Rust, H., R. Haul und J. J. Studt, Verwendung chemischer Reaktionen zur akustisch-optischen Bildwandlung. Z 374.

Seeliger, R., Die Elektronenerzeugung in der Ionosphäre. A 321.
—, —. Gasblasen in Flüssigkeiten. A 41.
Senden, H. v., siehe Harder, R. Z 348.
Seitz, A., siehe Fricke, R. Z 156.
Shull, C. G. und E. O. Wollan, Methoden und Anwendungen der Neutronenbeugung. A 291.
Siedel, W., Antwort auf die „Diskussionsbemerkung" Dr. v. Dobenecks. Z 219.
Sillén, L. G., siehe Lundgren, G. Z 345.
Sommerfeld, A., Zum hundertsten Geburtstag von Felix Klein. A 289.
Sommermeyer, K., Das Lilienfeld-Leuchten und seine Deutung durch Plasmaschwingungen an der Metalloberfläche. Z 87.
Sueß, H. E., O. Haxel und J. H. D. Jensen, Zur Interpretation der ausgezeichneten Nucleonenzahlen im Bau der Atomkerne. Z 153.
Sueß, H. E., siehe Harteck, P. Z 218.
—, —. siehe Jensen, J. H. D. Z 155.

Schäfer, K., Hystereseerscheinungen beim Kollaps von monomolekularen Stearinsäurefilmen. Z 125.
Schalén, C., Neuere Untersuchungen über die interstellare Materie. A 33.
Schaller, F., Die Collembolen in der Ökologie. A 296.
Schiller, E., Ein neues Einschlußmittel für histologische Präparate. Z 310.
Schmeiser, K., siehe Wieland, Th. Z 280.
Schmermund, H. J., siehe Bleek, H. Z 28.
Schöberl, A., Zusammenhänge in der Chemie schwefelhaltiger Naturstoffe. Ber 121, 149.
Schöpf, C. und F. Braun, Konstitution und Synthese des Ammodendrins. Z 377.
Schümmelfeder, N., Über Beziehungen zwischen Stoffwechselaktivität und Acridinorangespeicherung von Zellen. Z 58.
Schubert, G., siehe Bleek, H. Z 28.
—, —. siehe Faß, H. Z 381.
Schwab, G.-M. und E. Schwab-Agallidis, Die Selen-Katalyse der Kjeldahl-Reaktion. Z 254.
Schwab-Agallidis, E., siehe Schwab, G.-M. Z 254.
Schwarzbach, M., Fossile Korallenriffe und Wegeners Drifthypothese. A 229.
Schwarze, P., Über den Bitterstoff der Rapssamen. Z 88.
Schwartz, V., Über die Genetik von Paramaecium. Ber 182.
Stackelberg, M. v., Feste Gashydrate. A 327, 359.
—, —. und H. Heindze, Die Grenzflächenspannung mischbarer Flüssigkeiten. Z 187.
Stertz, G., Nachruf für Professor Karl Bonhoeffer. A 257.
Stöckmann, F., Die physikalischen Grundlagen der Kristallzähler. Ber 82.
Studt, J. J., siehe Rust, H. Z 374.

Tegethoff, B., siehe Pohl, R. Z 319.
Theismann, H., siehe Füchtbauer, He. Z 346.
Theismann, H., siehe Küster, E. Z 380.
Trömel, G., Die Modifikationen des Kalziumorthosilikates. Z 88.
Troll, Wilh., Die Stiel-Spreiten-Relation als Ausdruck des Prinzips der variablen Proportionen. A 333.

Ulrich, E., siehe D'Ans, J. Z 344.

Vonderbank, H., siehe Wagner-Jauregg, Th. Z 30.

Wachter, H., Objektive Begründung von Klimasummenmaßen. Ber 370.

Wagenknecht, F., γ-Fe_2O_3 bei Hochfrequenz. Z 57.
Wagner, W. H., siehe Wagner-Jauregg, Th. Z 30.
Wagner-Jauregg, Th., W. H. Wagner und H. Vonderbank, Über die Hemmwirkung einiger Amine auf das Wachstum von Tuberkelbazillen. Z 30.
Walther, A. und H.-J. Dreyer, Die Integrieranlage IPM-Ott für gewöhnliche Differentialgleichungen. A 199.
Wartenberg, H. v., Wachsen des Siliciums beim Erstarren. Z 373.
Weis, D., Ein materialsparendes Hochspannungsgerät für Zählrohre. Z 87.
Wieland, Th. und E. Fischer, Papierchromatographie von α-Ketosäuren. Z 219.
Wieland, Th., K. Schmeiser, E. Fischer und H. Maier-Leibnitz, Quantitative Bestimmung von α-Aminosäuren in Papierchromatogrammen und Ionopherogrammen mit radioaktivem Kupfer. Z 280.
Wille, H., Zur lichtelektrischen Photometrie der Sonnenkorona. Z 25.
Willems, J., Über orientierte Verwachsungen von Kristallen organischer Verbindungen. Z 373.
Winter, A. G. und R. v. Rümker, Die Bedeutung der Mikroflora der wurzelnahen Zone für die Resistenz von Wurzeln gegen Pilzkrankheiten. Z 30.
Witsch, H. v., Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet des pflanzlichen Wachstums. Ber 53.
Woellwarth, C. v., Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung des Situs inversus bei Amphibien. Z 59.
Wollan, E. O., siehe Shull, C. G. A 291.
Wurm, K., Neuere Ergebnisse und Stand der Erforschung der planetarischen Nebel. Ber 273, Ber 306.

III. Sachregister[1]).

α-Aminosäuren, Quantitative Bestimmung von — in Papierchromatogrammen und Ionopherogrammen mit radioaktivem Kupfer. Z 280.
α-Ketosäuren, Papierchromatographie von —. Z 219.
Acridinorangespeicherung, Über Beziehungen zwischen Stoffwechselaktivität und — von Zellen. Z 58.
Actinomycin C. Z 376.
Algenlipoiden, Analyse von —. Z 60.
Ammodendrin, Konstitution und Synthese des —s. Z 377.
Atomkerne, Zur Interpretation der ausgezeichneten Nucleonenzahlen im Bau der —. Z 153.

Becquerelstrahlen, Zur Geschichte der Entdeckung der Natur der —. A 129.
Bildwandlung Verwendung chemischer Reaktionen zur akustisch-optischen —. Z 374.
Bis-diazo-alkane, Über —. Z 57.
Blattrollvirus, Die Inaktivierung des — durch Nucleinsäure und die Überführung des Blattrollvirus in Kräuselmosaik (A-Virus) durch ein proteolytisches Ferment bei Solanum tuberosum. Z 188.
Blühhormon, Antagonistische Wirkung von Wuchsstoff und —. Z 348.
Blutdruck und Häutung bei Spinnen. A 21.
Blutsubstanzen, Mikroskopischer Nachweis der Reaktion von — mit aktivem Quarz. Z 252.
Bogensäulen, Über eine neue Methode zur Temperaturmessung in hochtemperierten —. Z 279.
Bosch, Carl — und die Naturwissenschaft. A 161.

Cholesterinsol, Der Einfluß von Eiweißen auf ein —. Z 378.
Chromatographie, Zur — von Elektrolyten. Z 317.
Collembolen, Die — in der Ökologie. A 296.

Deuteriumgehalt des freien Wasserstoffs in der Erdatmosphäre. Z 218.
Deuteron, Spaltung des —s durch Elektronenstoß. Z 31.
Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin, Tagung der —n —. Ber 245.
Deutsche Gynäkologenkongreß in Karlsruhe, Naturwissenschaftliche Fragen auf dem 27. —n — vom 20. bis 23. April 1949. Ber 340.
Dipolmomente, Zur Berechnung von —n nach der Theorie von Onsager. Z 251.
Drosophila-Eier, Über die Letalschädigung von —n durch Röntgenstrahlen und schnelle Elektronen eines 6 MeV-Betatrons. Z 381.

Eisdecken, Die Wachstumsgeschwindigkeit von — in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit. Z 249.
Eiweiß, Der Einfluß von —en auf ein Cholesterinsol. Z 378.
Eiweißstoffe, Zur Struktur der —. Z 157.
Eiszeitklima, Die räumliche und zeitliche Gliederung des —s. A 105, 133.
Elektrodynamische Gleichungen, Die Linearität der —n — von Maxwell. A 354.
Elektronenmikroskopie an Zellfortsätzen im menschlichen Zahnbein. Z 281.
Erdalter, Geologisches — und astrophysikalisches Weltalter. A 166.
Erdmagnetische Sturmvariationen, Deutung —r — durch Stoßionosation. Z 185.

Farbgen, Ein — als relativer Geschlechtsrealisator bei Porcellio scaber (Isopoda). Z 89.
Fayum, Zur Kenntnis des —s. A 16.
Flammengeschwindigkeit, Die — in stationär brennenden Flammen. A 171, A 206.
Flammenspektren mit Stickoxyd als Verbrennungspartner. Z 218.
Flammenspektren und Kinetik von Radikalreaktionen. Z 374.
Fluoreszenzspektrum und Wasserstoffionenkonzentration. Z 186.

Galaktose, Nachweis der — als charakteristische Adsorptionskomponente an Asbest. Z 375.
GammaFe_2O_3 bei Hochfrequenz. Z 57.
Gasblasen in Flüssigkeiten. A 41.
Gashydrate, Feste —. A 327, 359.
Generationswechsel, Der — der Pflanzen. A 140.
Genlabilität, Plasmon-inducierte —. Z 220.
Geologie, Zur geistesgeschichtlichen Stellung der deutschen —. A 65.
Gitterstörungen, Über die unmittelbare Messung unregelmäßiger — mit dem Geiger-Zählrohr. Z 156.
Grenzflächenspannung mischbarer Flüssigkeiten. Z 187.

Helium-II-Gegenwärtiger Stand des — Problems. A 5.
Histologische Präparate, Ein neues Einschlußmittel für —. Z 319.
Hochfrequenz-Spektroskopie. A 98.
Hochfrequenz-Spektroskopie, Nachtrag zum Aufsatz —. A 338.

Indifferenz, Das Problem der —. A 268.
Integrieranlage, IPM-Ott, Die — für gewöhnliche Differentialgleichungen. A 199.
Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen, Erinnerungen an die Entdeckung der —. A 354.
Interstellare Materie, Neuere Untersuchungen über die —. A 33.
Ionosphäre, Die Elektronenerzeugung in der —. A 321.
Ionosphäre, Zur magnetischen Dreifach-Aufspaltung in der —. Z 56.
Isopachen, Zur Bestimmung der — (Linien gleicher Hauptspannungssumme) in der Spannungsoptik. Z 342.

Kalziumorthosilikat, Die Modifikationen des —s. Z 88.
Keimblattchimären, Totale — bei Triton. A 112.
Keimentwicklung, Wege und Mißwege der —. A 299.
Kjeldahl-Reaktion, Die Selen-Katalyse der —. Z 254.

[1]) A = Aufsatz, Ber = Bericht, Z = Kurze Originalmitteilung.

Klimasummenmaße, Objektive Begründung von —n. Ber 370.
Kontaktkatalyse, Untersuchungen über —. A 48, 74.
Korallenriffe, Fossile — und Wegeners Drifthypothese. A 229.
Kosmische Strahlung, Theorie der negativen Korrelation zwischen 27tägiger Variation der —n — und Caflocculi-Charakterzahlen. Z 24.
Kristallchemie, Zur — des Zinnsteins. Z 26.
Kristallzähler, Die physikalischen Grundlagen der —. Ber 82.

Laplace, Zur Erinnerung an —. A 97.
Laue, Max von —. A 353.
Lebendmikroskopie mit monochromatischem und polarisiertem Licht. Z 318.
Letalschädigung, Über die — von Drosophila-Eiern durch Röntgenstrahlen und schnelle Elektronen eines 6 MeV-Betatrons. Z 381.
Lilienfeld-Leuchten und seine Deutung durch Plasmaschwingungen an der Metalloberfläche. Z 87.
Lokalisation, Die — des Schalles im Raum. A 145.
Luftdruckwellen, Zur Statistik polarer —. Z 156.

Magnetische Tagesvariationen, Beziehung zwischen den —n — und der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes. Z 372.
Magnetische Widerstandsänderung und Leitfähigkeitstypen. Z 86.
Maisscutellum, Der Hemmstoff des —s ein Wuchsstoffinaktivator. Z 319.
Membranfilteroberflächen, Elektronenmikroskopische Abbildungen von —. Z 250.
Meteore, Rückschau und Ausblick auf die Erforschung der —. A 68.
Meterwellen, Über die Wirkung von — auf das Teilungswachstum der Pflanzen. Z 27.
Miracil, Untersuchungen über die tumorhemmende Wirkung des —s. Z 29.
Mitosegiftwirkung des Colchicins, Aufhebung der — durch herzwirksame Glykoside an Hühnerherzfibroblasten in vitro. Z 379.
Mitosevorgänge in Wurzelspitzenzellen von Hordeum, Über die Wirkung von Röntgenstrahlen und schnellen Elektronen auf —. Z 28.
Montmorrillonit, Über die Umsetzungen des —s mit Neutralsalzlösungen. Z 344.

Neutronenbeugung, Methoden und Anwendungen der —. A 291.
Nickel (IV)-Komplexe und ihre Bedeutung bei der Bildung des Carbonyls. Z 312.
Nucleonenzahlen, Modellmäßige Deutung der ausgezeichneten — im Kernbau. Z 155.
Nucleonenzahlen, Zur Interpretation der ausgezeichneten — im Bau der Atomkerne. Z 153.

Paramaecium, Über die Genetik von —. Ber 182.
Pflanzliche Wachstum, Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet des —n —s. Ber 53.
Phenazinderivate, Bakteriostatische Wirkung einiger — auf Mycobacterium tuberculosis, typ. gallinaceus. Z 92.
Phosphatase-Aktivität, Über eine Methode der quantitativen Bestimmung der — in 2,5 . 10^{-7} Milligramm Gewebe mittels histologischer Technik. Z 89.
Phosphoreszenz organischer Stoffe, Neuere Untersuchungen über die — in festen Lösungen. Ber 240.
Pilzkrankheiten, Die Bedeutung der Mikroflora der wurzelnahen Zone für die Resistenz von Wurzeln gegen —. Z. 30.
Planetarische Nebel, Neuere Ergebnisse und Stand der Erforschung der —n —. Ber 273, 306.
Porcellio scaber, Ein Farbgen als relativer Geschlechtsrealisator bei — (Isopoda). Z 89.

Quantenbilanz, Die — der cis-trans-Umwandlung von Triphenylformazan durch sichtbares Licht. Z 313.
Quantenbilanz, Die — der Umwandlung von Triphentetrazoliumchlorid und Triphenylformazan durch ultraviolettes Licht. Z 314.
Quantenbilanz, Die — der cis$\rightleftarrows$trans-Umwandlung von Azobenzol. Z 315.
Radikalreaktionen, Flammenspektren und Kinetik von —. Z 374.
Rapssamen, Über den Bitterstoff der —. Z 88.
Regenbogenstreif, Goethes „Umgewendeter —" und das umgekehrte Spektrum. Ber 339.
Regulationssystem, Über ein — „Milz-Leber" für den oxydativen Stoffwechsel der Körpergewebe und besonders des Herzens. A 233, 260.
Ruhekerne bei Cruciferen, Über polyploide —. Z 380.

Sauerstoff, Die Bestimmung des physikalisch gelösten —s in biologischen Flüssigkeiten mit der Quecksilbertropfelektrode. Z 375.
Sauerstoffverbrauch, Die Wirkung des infraroten, sichtbaren und UV-Lichts auf den — von Enchyträus albidus. Z 283.
Seltene Erden, Über die Verteilung von Nitraten —r — zwischen wäßrigen Lösungen und organischen Lösungsmitteln. Z 344.
Silicium, Wachsen des —s beim Erstarren. Z 373.
Situs inversus, Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung des — bei Amphibien. Z 59.
Sonnenkorona, Zur lichtelektrischen Photometrie der —. Z 25.
Spinnen, Blutdruck und Häutung bei —. A 21.
Spinnen, Über den Farbsinn der —. Z 58.
Supraleitfähigkeit, Keine — in Na- NH_3-Lösungen. Z 343.

Schallgeschwindigkeit in leichtem und schwerem Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur. Z 279.
Schwefelhaltige Naturstoffe, Zusammenhänge in der Chemie —r —. Ber 121, 149.
Schwereschwankungen, Mit Schulerpendeln gemessene — durch Sonne und Mond. Z 312.
Statolithenapparat, Zur Funktion des —es im Wirbeltierlabyrinth. Z 127.
Stearinsäurefilme, Hystereseerscheinungen beim Kollaps von monomolekularen —n. Z 125.
Stickoxyd, Flammenspektren mit — als Verbrennungspartner. Z 218.
Stiel-Spreiten-Relation, Die — als Ausdruck des Prinzips der variablen Proportionen. A 333.
Stoffwechselkinetik des menschlichen Eies. A 363.

Teilungswachstum der Pflanzen, Über die Wirkung von Meterwellen auf das —. Z 27.
Telotaxis und Optomotorik von Eristalis bei Augeninversion. Z 90.
Th $(OH)_2CrO_4 \cdot H_2O$, Die Kristallstruktur von —. Die $Th(OH)_2$-Kette, ein neues Strukturelement. Z 345.
Toxoplasma-Infektionen, Menschliche — in Deutschland. Z 158.
Triton, alpestris, Über die Wirkung der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht auf die Ohranlage bei —. Z 347.
Tuberkelbazillen, Über die Hemmwirkung einiger Amine auf das Wachstum von —. Z 30.
Tumorkranke, Phosphatunterschiede im Urin von —n und Gesunden bzw. Operierten. Z 379.
Turmteleskope, Ber 175, 213.

Ultraschall, Über den Einfluß von — auf Aspergillus niger. Z 380.
Ultraschall, Zur Frage der wirksamen Komponente von —. Z 217.
Ultraschall, Zur Wirkung des —s auf Bakterien. Z 346.
Ultraviolettes Licht, Über die Wirkung der Bestrahlung mit —m Licht auf die Ohranlage bei Triton Alpestris. Z 347.

Verwachsungen von Kristallen, Über orientierte — organischer Verbindungen. Z 373.

Wärmeleitfähigkeit, Eine Ähnlichkeitsregel für die — der Metalle. Z 186.
Weltalter, Geologisches Erdalter und astrophysikalisches —. A 166.
Willstätter, Richard. A 1.

Zählrohre, Ein materialsparendes Hochspannungsgerät für —. Z 87.
Zahnbein, Elektronenmikroskopie an Zellfortsätzen im menschlichen —. Z 281.
Zinnstein, Zur Kristallchemie des —s. Z 26.
Zwischenkiefer, Die Entdeckung des menschlichen —s durch Goethe und Oken. A 193.

IV. Buchbesprechungen.

J. D'Ans und E. Lax, Taschenbuch für Chemiker und Physiker (W. Hunsmann). 383.

Becker, Fr., Einführung in die Astronomie (H. Haffner). 61.
v. Bertalanffy, L., Das biologische Weltbild (E. Bünning). 287.
Brandenberger, E., Grundlagen der Werkstoffchemie (W. v. Engelhardt). 350.
Bratzler, K., Adsorption von Gasen und Dämpfen in Laboratorium und Technik (W. Hunsmann). 222.
Brinkmann, R., Emanuel Kaysers Abriß der Geologie (E. Bederke). 62.
Bünning, E., Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze (H. Söding). 224.

Condit, Ira, J., The Fig (F. Firbas). 191.
Cremer, L., Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik (A. Schoch). 221.

Dänzer, H., Einführung in die theoretische Kernphysik (K. Wirtz). 189.

Eistert, B., Chemismus und Konstitution (Th. Förster). 222.
Emde, F., Tafeln elementarer Funktionen (E. Wicke). 255.
Eucken, A. und Suhrmann, R., Physikalisch-chemische Praktikumsaufgaben (A. Magnus). 350.

Finkelnburg, W., Einführung in die Atomphysik (F. Sauter). 382.
Frankenburg, W. G., Komarewsky, V. I. and Rideal, F. K., Advances in Catalysis and related Subjects (A. Eucken). 286.
Frear, Donald, E. H., A Cataloque of insecticides and Fungicides (G. Gassner). 351.

Granit, R., Sensory Mechanismus of the Retina (F. H. Rein). 63.
Guilliermond, A., The Cytoplasm of the Plant Cell (H. Pfeiffer). 192.

Hartmann, Max, Die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaft (E. Bünning). 382.
Hjelmquist, H., Studies on the Floral Morphology of the Amentiferae (F. Firbas). 256.
Hoagland, D. R., Lectures on the Inorganic Nutritition of Plants (H. J. Bogen). 191.
Huss, W und Pfeiffer, H. H., Zellkern und Vererbung. (D. v. Denffer). 192.

Jaspers, K., Philosophie (E. Bünning). 221.
Justi, E., Leitfähigkeit und Leitungsmechanismus fester Stoffe (W. Meißner). 256.

Kamen, M., Radioaktive Indikatoren in der Biologie (G. Hevesy). 94.
Kappert, H., Die vererbungswissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung (P. Michaelis). 223.
Karrer, P. und Jucker, E., Carotinoide (R. Kuhn). 94.
Klein, Paul, E., Elektronenstrahl-Oszillographen. (F. Spitzer). 92.
Knight, R. L., Dictionary of Genetics (R. Harder). 62.
Kortüm, G., Kolorimetrie und Spektralphotometrie (Th. Förster). 222.
Krieg, H., Zwischen Anden und Atlantik (H. Eidmann). 285.
Kühnert, H., Der Briefwechsel zwischen Otto Schott und Ernst Abbe über das optische Glas 1879—1881 (A. Eucken). 158.

Lang, K., Monographie der Harpacticiden (W. Klie). 190.
Lange, E., Chemische Thermodynamik (F. Sauter). 349.
Langenbeck, W., Die organischen Katalysatoren und ihre Beziehungen zu den Fermenten (E. Dietzel). 287.
Langenbeck, W., Lehrbuch der organischen Chemie (H. Brockmann). 189.
Lehrbuch der Botanik für Hochschulen (M. Steiner). 288.

Machatschki, F., Vorräte und Verteilung der mineralischen Rohstoffe (C. W. Correns). 128.
Magnus, W., Oberhettinger, F., Formeln und Sätze für die speziellen Funktionen der mathematischen Physik (F. Rellich). 189.
Mertens, R., Die Tierwelt des tropischen Regenwaldes (H. Eidmann). 32.
Meyer-Abich, A., Naturphilosophie auf neuen Wegen (E. Bünning). 188.
Mie, G., Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus (F. Sauter). 128.
Mises, R. v. und Kármán, Th. v., Advances in Applied Mechanics (W. Tollmien). 255.
Moos, A. v., und de Quervain, F., Technische Gesteinskunde (C. W. Correns). 93.
Murneek, A. E. and Whyte, R. O., Vernalization and Photoperiodism (R. Harder). 95.

Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie (P. ten Bruggencate). 284.
Nickerson, W. J., Biology of pathologenic fungi (W. Schwartz). 160.

Oberdorfer, E., Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Südwestdeutschland und die angrenzenden Gebiete (F. Firbas). 159.
van Os, C. H., Getal en Kosmos; Mathematik und Weltanschauung (G. Bol). 254.

Ramdohr, Paul, Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie (C. W. Correns). 93.
Richter, R., Einführung in die Zoologische Nomenklatur (H.-J. Autrum). 223.
Rickett, H. W., The Royal Botanical Expedition To New Spain 1788—1820 (Th. Schmucker). 352.
Romeis, B., Mikroskopische Technik (R. Bachmann). 62.
Rosenfeld, L., Nuclear Forces (H. Koppe). 320.
Rudolph, W., Wuchsstoffe und Antiwuchsstoffe (W. Schwartz). 190.

Staudinger, H., Makromolekulare Chemie und Biologie (E. Dietzel). 287.
Steenis, C. G. G. J. van, Flora Malesiana (F. Markgraf). 352.

Thorvald Kvam, Comparative study of the ontogenetic and phylogenetic development of dental enamel (W. J. Schmidt). 351.
Timoshenko, S. und Young, D. H., Advanced Dynamics (R. Grammel). 95.

Warburg, O., Schwermetalle als Wirkungsgruppen von Fermenten (K. Lang). 94.
Went, F. W., The Earhart Plant Research Laboratory (R. Harder). 383.
Wilson, A. J. D., X-ray Optics, The Diffraction of Y-Rays by Finite and Imperfect Crystals (K. Schubert). 349.

Yaᶜ qūb. C. Ishāg al-Kindi. Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes (P. Walden). 320.

typischen Wachstumsbewegungen des Ektoderms im Sinne der einfachen Pfeile in Fig. 12 ließen sich ohne das oben erschlossene Stoffwechselfeld nicht verstehen (vgl. Fig. 12 mit Fig. 11). Aus dem Vergleich der Fig. 11 und 12 läßt sich rekonstruieren, daß die Resultierende der Kräfte, die in dorsalen und gleichzeitig medialen Richtungen wirken, schematisch den Pfeilrichtungen in Fig. 13 entsprechen. Aus der letzt-

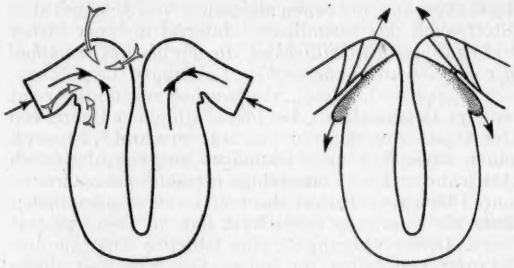


Fig. 14 (links). Neuralwülste kurz vor ihrer Vereinigung während der Neuralrohrbildung. Weiße Pfeile = Stoffbewegungen im Stoffwechselfeld. Schwarze Pfeilpaare = eine aus Stoffbewegungen resultierende Stoffwechselmechanik. Einfache schwarze Pfeile = Wachstumsbewegungen.

Fig. 15 (rechts). Dasselbe wie in der vorigen Figur z. Z. der Bildung der Spinalganglienleiste. Die Pfeile zeigen Wachstumsbewegungen an, die aus der Stoffwechselmechanik (Fig. 14) resultieren. Vergleiche die „keilförmigen" Epithelzellen oben, mit den schwarz gezeichneten Fig. 16 unten.

genannten Figur ist zu ersehen, daß beim allmählichen Abrücken des paraneuralen Ektoderms vom Entoderm die Neuralwülste mit Fortschreiten des Wachstums dorsalwärts aufeinander zuwachsen und sich dabei zum sogenannten Neuralrohr schließen (vgl. Fig. 13 mit Fig. 16).

Wie der Vergleich der Fig. 13 mit der folgenden Figur zeigt, ist dieser Prozeß in der konstruktiven Folgerichtigkeit seiner Entwicklung an die frühembryonalen Krümmungen im Ektoderm gebunden, indem diese mit fortschreitender Entwicklung lokal verschiedene Differenzierungen der einzelnen Epithelzellen im Innern des Epithels bedingen (vgl. Fig. 14 mit Fig. 15). Wie Fig. 15 zeigt, spielt bei der Differenzierung die Bildung von keilförmigen Epithelzellen an den Kämmen der Neuralwülste, wir wollen

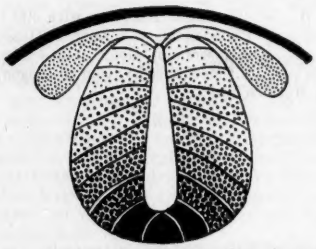


Fig. 16. Geschlossenes Neuralrohr im Querschnitt. Darüber Boden der dorsalen Eiblase (Ektoderm des Embryo) ebenfalls geschlossen und jetzt dünn.

kurz sagen, die Bildung von „*Keilepithel*" für die späteren Phasen dieser Differenzierung eine entscheidende Rolle (vgl. Fig. 15 mit Fig. 16). Dies entspricht Erfahrungen, die ich erst in letzter Zeit bei älteren Embryonen bestätigen konnte (nachfolgende Mitteilung über die konstruktive Folgerichtigkeit der Differenzierung des Kopfdarms und der Speicheldrüsen, Med. Ges. Göttingen 1949). Wie die Pfeile in Fig. 14 erläutern, ist von der Keilform der Epithelzellen Grad und Maß der *stoffwechselmechanischen Polarisation der Epithelzellen*, d. h. die räumliche Verteilung der Stoffaufnahme und Stoffabgabe in den Neuralwülsten abhängig. Diese stoffwechselmechanischen Eigenschaften der Zellen äußern sich mit fortschreitendem Wachstum in den sehr differenzierten Wachstumsbewegungen der älteren Neuralwülste (Fig. 15). Alle die genannten Phasen der Differenzierung sind jede einzeln ein notwendiges Glied in der konstruktiven Folgerichtigkeit des ganzen Differenzierungsprozesses des Embryo. Jede Phase der Entwicklung ist mit konstruktiver Folgerichtigkeit der Abschluß der vorangehenden und die Ursache der nachfolgenden, ohne daß Erinnerungen an eine Jahrmillionen zurückliegende Vorgeschichte oder Vorahnungen von künftigen Ereignissen oder Zweckmäßigkeitsabsichten oder nachträglich im Konkurrenzkampf gesammelte Erfahrungen unmittelbar in den wirklichen Ablauf der Ontogenese als tatsächliche Gestaltungskräfte eingreifen könnten.

Mit den geschilderten Prozessen ist die „neurale" Schicht des Keimschildes als der ausschließlich stoffwechselmechanisch, jedoch nicht chemisch unmittelbar führende Teil der Anlage des Embryo jetzt erst so weit in seiner Konstitution entwickelt, daß der Embryo bald mehr und mehr die Grundform erwerben kann, die man von nun an als das *natürliche Schema* für die Gestalt des Ausgewachsenen bezeichnen kann (Übersicht Fig. 17).

Sobald dabei unter der stoffwechselmechanischen Führung des Ektoderms allmählich das Entoderm im Sinne des Stoffwechselfeldes von Fig. 7 zur Hauptresorptionsfläche des Embryo wird (Mechanische

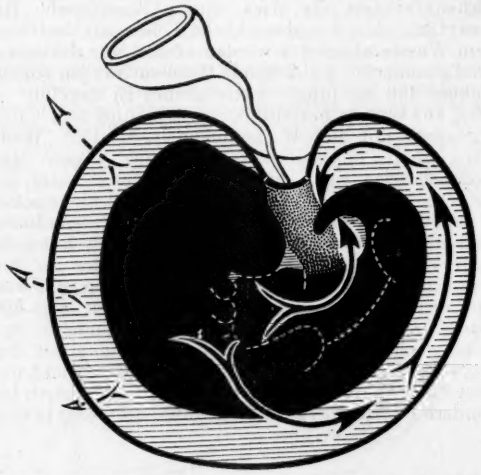


Fig. 17. Schema der „Funktionellen Differenzierung" eines etwa 6 mm großen menschlichen Embryo. Durch die Pfeile sind nur diejenigen Stoffbewegungen angedeutet, die während der stoffwechselmechanischen Formbildung vom Embryo aus den osmotischen Druck im Fruchtwasserraum relativ zum Druck der Nabelschnur erhöhen. Die gestrichelten Linien zeigen Hautfalten, deren Formbildung mit der frühen Größenzunahme des Herzens und mit der Krümmung des Rückens in engem konstruktivem Zusammenhang steht und primär durch die Gefäßentwicklung bzw. durch die Entwicklung der nervösen Leitungsbahnen vom Stoffwechselfeld des Ektoderms abhängt (Ektodermring).

Genwirkungen 1948), und nun das Fruchtwasser in der Amnionhöhle während seiner Vermehrung nicht gegen den Haftstiel ausweichen kann, rückt der kraniale Pol der dorsalen Eiblase aus dem Ablösungsfeld heraus (Fig. 7, absteigender Pfeil rechts oben). Dabei dreht sich der kraniale Pol der dorsalen Eiblase und wandert so allmählich ventralwärts im Magmaraum zurück, so daß er schließlich dort das Haftstielgebiet erreicht (vgl. Fig. 7 mit Fig. 17). Diese Drehung

(Blechschmidt 1940) hat zur Folge, daß nunmehr der Embryo eingerollt an einer Nabelschnur hängt (Nabelschnur Fig. 17 punktiert). Auch hier zeigt sich die *konstruktive Folgerichtigkeit in der Entwicklung* wieder so offenkundig, daß wir annehmen dürfen, daß, wenn es gelänge, stofflich aus einem Froschei ein menschliches Ei zu machen und dieses künstlich in die Uterusschleimhaut einzupflanzen, daß dann sogar aus einem Froschei ein menschlicher Embryo hervorgehen müßte, ohne daß irgendein Gen oder irgendein sogenanntes biogenetisches Grundgesetz noch etwas daran zu ändern vermöchte, denn es gibt gar keine inneren Voraussetzungen in der ganzen Genetik eines Embryo, die nur aus historischen oder nur aus chemischen Gründen ohne Stoffwechselmechanik wirksam sein könnten. Das Grundsätzliche hierzu wurde erstmals 1946 und 1948 dargelegt (Mechanische Genwirkungen, Blechschmidt 1948, Verlag Musterschmidt). Wir beschränken uns hier darauf, auf die dort bereits publizierten Präparate zu verweisen.

Schluß.

Versucht man naturwissenschaftlich und nicht historisch dem Rätsel der Entwicklung näherzukommen, so zeigt sich das Differenzierungsgeschehen nicht von der chemischen Seite, aber wohl von seiner bisher unbekannten „stoffwechselmechanischen" Seite her direkt angreifbar. Ein zu Unrecht zur Weltanschauung erhobenes Prinzip von einem mißdeuteten biogenetischen Grundgesetz, nach dem eine große Reihe von biologischen Tatsachen angeblich „*nur historisch beurteilt werden könne*", hat dabei nicht mehr Erkenntniswert als etwa eine philosophische Behauptung, daß das menschliche Leben aus destilliertem Wasser abgeleitet werden könne, nur deswegen, weil gesicherte vergleichende Untersuchungen gezeigt haben, daß ein junges menschliches Ei ungefähr zu 98% aus Wasser besteht (Arey 1948) und sich daher irgendwie mit diesem „homologisieren" läßt. Wenn wir schon *allgemein-wissenschaftlich* wissen, daß beispielsweise ein Centigramm Natrium unter geeigneten äußeren Umständen bei einer chemischen Reaktion ein bestimmtes Quantum Chlor assimilieren und dadurch wachsen kann, so daß sich nunmehr neue Eigenschaften entwickeln, die weder im Natrium noch im Chlor allein angelegt waren, um wieviel mehr ist dann spezialwissenschaftlich, also *biologisch*, zu erwarten, daß dann im besonderen eine heranwachsende Eizelle im *Zusammenhang* mit den aus ihrer Umwelt aufgenommenen Stoffen nicht nur besondere Eigenschaften, sondern vor allem auch besondere *Fähigkeiten entwickeln* kann, die weder in dem allein ererbten Stoff der Eizelle noch in der assimilierten Nahrung schon gegeben sein können. Wenn wir hier bewußt nicht von dem komplizierten Vorgang der Entwicklung, sondern wie oben von einem greifbareren und einfacheren Vorgang des *Wachstums als einer Grundlage der Entwicklung* ausgehen, so zeigt sich, daß nicht mystische Eigenschaften von Chromosomen im Sinne einer verschleierten Homunkulustheorie, sondern vor allem reale *Funktionen* zu untersuchen sind, bei denen abgesehen von dem ererbten Stoff auch das assimilierte Material in einer bisher unbekannten *Einheitlichkeit, die wir als die Gesamtheit der stoffwechselmechanischen Leistungen* bezeichnen, am Werke sind. Diese „Stoffwechselmechanik" zeigt uns im Gegensatz zu der bisher üblichen Lehre von der Anpassung im Sinne von Darwin und Lamarck einen wesentlich mehr *lebendigen* Vorgang, der durch das frühe und sehr ausgiebige tatsächliche nachweisbare Flächenwachstum, das man unverstanden bisher kurz als Furchung bezeichnet hat, in Gang gesetzt wird. Dieser Vorgang ist eine lebhafte Auseinandersetzung von Zellen im Innern des Eies mit ihresgleichen. Die ganze weitere Differenzierung ist eine Auswirkung dieses Prozesses.

Wie auch eine Reihe hier noch nicht veröffentlichter weiterer Untersuchungen zeigte, bekommt die ontogenetische *Differenzierung der Körperregionen* des Embryo durch die „*Stoffwechselmechanik*" eine konstruktive, d. h. *raum-zeitliche Folgerichtigkeit*. Diese wird mit Beginn der gegenseitigen „Zellassimilation", die wir Befruchtung nennen, sowohl für die Entstehung der Geschlechtszellen, die sich im Laufe der Entwicklung bilden, als auch für die gesamte Differenzierung der sog. somatischen Zellen von entscheidender Bedeutung. Hier dürfte eine bisher noch unübersehbare Menge von neuen Untersuchungen anzustellen sein, die den Weg zu einer wissenschaftlich, rationalen Lehre vom anatomischen Körperbau bedeuten können. Kurz gesagt: Heute steht fest, daß im ganzen menschlichen Embryo keine einzige Körperregion existiert, in der sich nicht eine *wachstumsmechanische Funktion* vollzieht.

Anatomie der Universität Göttingen.

Eingegangen am 21. Juni 1949.

Literatur.

Arey, L. B., Developmental Anatomy with 590 Illustrations, Saunders Company Philadelphia and London (1948). — Waddington, C. H., Organisers and Genes, Cambridge (1947). — Blechschmidt, E. Mechanische Genwirkungen, Göttingen 1948. Verlag Musterschmidt.

Berichte.

Objektive Begründung von Klimasummenmaßen.

Von Heinz Wachter.

Seit langem versucht man, durch „klimatische Summenmaße" diejenigen meteorologischen Elemente, welche die Wärmewirkung eines Klimas auf den menschlichen Körper bestimmen, zu einer einzigen Kenngröße zusammenzufassen. Einzelne Beispiele sind: die „gefühlte Temperatur" nach Linke, die durch eine Gleichung definiert ist, in der der Einfluß des Windes und der Strahlung berücksichtigt werden; die „Abkühlungsgröße" nach Dorno, die den Wärmeübergang der Davoser Frigorimeterkugel an die atmosphärische Umgebung darstellt; die „effektive Temperatur" der amerikanischen Klimatisierungstechnik, in der Lufttemperatur, Feuchte und Wind berücksichtigt sind. Einen Vergleich verschiedener Klimasummenmaße bringt Büttner in seiner „Physikalischen Bioklimatologie"[2]), Fig. 30 auf Seite 104.

Einige dieser Klimasummenmaße sind durch die Art des Meßgerätes definiert, z. B. im Falle des Katathermometers nach Hill, des Davoser Frigorimeters nach Dorno und Thilenius, des Frigorigraphen nach Pfleiderer und Büttner. Andere, rechnerisch definierte, Klimasummenmaße hingegen gründen sich auf das subjektive Wärmeempfinden des Menschen. Besonders eingehende Versuche liegen der „effektiven Temperatur" zugrunde, die folgendermaßen festgelegt wurde:

Zwei Klimakammern werden auf verschiedene Zustände der Temperatur und Feuchte eingestellt. Eine Versuchsperson geht von der einen Klimakammer in die andere. Kann die Versuchsperson mit ihrem subjektiven Empfinden keinen Unterschied wahrnehmen, so gelten die beiden Klimazustände — von denen beispielsweise der eine höhere Temperatur, aber geringere Feuchte, der andere niedrigere Temperatur, aber größere Feuchte haben kann — als effektiv gleich. In ähnlicher Weise läßt sich der Windeinfluß ermitteln. Die Ergebnisse sind in den Arbeiten der amerikanischen Urheber der effektiven Temperatur (Houghton, Ya(glo)glou, u. a.) als Kurvenscharen dargestellt und in der deutschen Literatur wohl am ausführlichsten bei Teleky[8]) wiedergegeben. Ein besonders wichtiges der Diagramme bringen Brezina und Schmidt[1]), das gleiche findet sich bei Büttner[2]). Die Büttnersche Wiedergabe wurde für die Ausarbeitung der folgenden Darstellungen benutzt.

Die neuen Ergebnisse der den Zustand des Blutkreislaufs physikalisch messenden Physiologie (Wezler und Mitarbeiter) geben nunmehr die Möglichkeit, die Wirkung klimatischer Zustände auf den menschlichen Organismus objektiv festzustellen und damit die Zweckmäßigkeit der genannten Klimasummenmaße nachzuprüfen. Kurz zusammengefaßt ist das hier interessierende Ergebnis der zitierten physiologischen Arbeiten, daß sich die Kreislaufbelastung durch die klimatischen Bedingungen bei mittleren und hohen Temperaturen durch die *Herzleistung* oder das minutlich durch das Herz gepumpte Blutvolumen

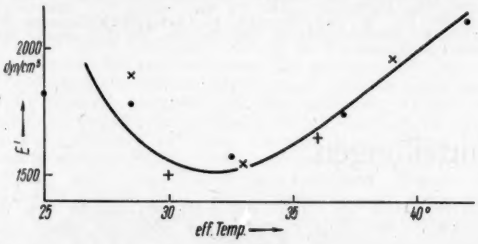


Fig. 1.

(Minutenvolumen) charakterisieren läßt, bei niedrigen Temperaturen durch den *Sauerstoffverbrauch* bei der Atmung. Auf dieser Grundlage wird hier untersucht, ob die durch die subjektiv ermittelte effektive Temperatur als gleichartig gekennzeichneten Klimazustände auch objektiv gleichwertig sind.

In der Arbeit von Wezler und Thauer „Wärmeregulatorische Umstellungen"[9]) findet sich eine Darstellung des elastischen Gesamtwiderstandes des arteriellen Systems als Funktion der Raumtemperatur bei verschiedenen relativen Feuchtigkeiten. Nimmt man nicht die Temperatur als Abszisse und die relative Feuchte als Parameter, sondern die die relative Feuchte enthaltende effektive Temperatur als Abszisse, so erhält man die in Fig. 1 dargestellte Kurve. Mit Ausnahme des äußerst linken Punktes, der auch in der ursprünglichen Darstellung herausfällt, ordnen sich alle Meßwerte mit der bei biologischen Versuchen nicht anders zu erwartenden Streuung recht gut zu einer einheitlichen Kurve.

In einer anderen physiologischen Veröffentlichung (Wezler und Thauer[10]), deren Ergebnisse in Fig. 2 wiedergegeben sind, sind in ein Temperatur-Feuchte-Diagramm Grenzkurven eingezeichnet, die Gebiete bestimmter Kreislaufbelastung voneinander abgrenzen. Diese Grenzkurven sind hier ausgezogen. Die links bei relativ niedrigen Temperatur- und Feuchtewerten liegende Kurve bedeutet die *Schwülegrenze* nach Büttner; Klimazustände mit Temperatur- und Feuchtewerten rechts oberhalb dieser Grenzkurve werden als schwül empfunden. Die beiden anderen Grenzkurven sind aus objektiven physiologischen Messungen ermittelt. An der mittleren Grenzkurve beginnt ein Gebiet von Klimazuständen, auf die der menschliche Organismus mit erhöhter Körpertemperatur antwortet, wobei diese erhöhte Körpertemperatur jedoch noch stabil einreguliert und gehalten wird. Rechts oberhalb der dritten, rechten Grenzkurve schließlich liegen Klimazustände, die der Mensch nicht auf die Dauer ertragen kann; bei Temperaturen und Feuchten, höher als die auf der Grenzkurve liegenden Werte, nimmt die Körpertemperatur fortgesetzt zu, der Kreislauf vermag sie nicht mehr auf einem konstanten Wert zu halten. Diese Kurve wird deshalb als *absolute Erträglichkeitsgrenze* oder kritische Schwelle bezeichnet.

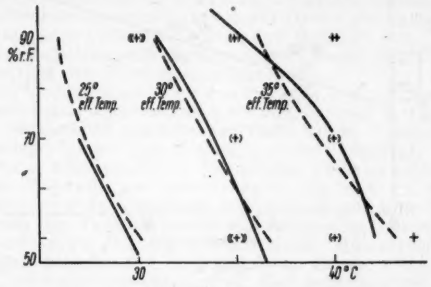


Fig. 2.

In der hier gegebenen Fig. 2 sind nun gestrichelt die Kurven für 25°, 30° und 35° effektiver Temperatur eingetragen. Man sieht, daß 25° effektiver Temperatur etwa der Schwülegrenze entspricht, daß 30° effektiver Temperatur ziemlich genau das Gebiet erhöhter Körpertemperatur abgrenzt, und die absolute Erträglichkeitsgrenze ungefähr bei 35° effektiver Temperatur liegt. Hierbei fällt allerdings die entgegengesetzt gerichtete Krümmung der ausgezogenen und der gestrichelten Kurve auf. Dieser Unterschied besagt, daß bei so extremen Klimazuständen im Gebiet hoher Feuchten eine Feuchtezunahme eine stärkere Zunahme der Kreislaufbelastung bedeutet, als dies die effektive Temperatur erwarten läßt. Gerade unter so extremen Bedingungen ist ja wohl gegenüber subjektiven Angaben besondere Vorsicht angebracht.

Zeichnet man nach den in der Arbeit von Frank und Wezler[3]) gemachten Angaben das *Minutenvolumen* als Maß der Herzleistung über der effektiven Temperatur als Abszisse auf, so ergeben sich die Kurven der Fig. 3, deren jede für eine bestimmte Versuchsperson gilt. Es zeigt sich, daß oberhalb 34—36°

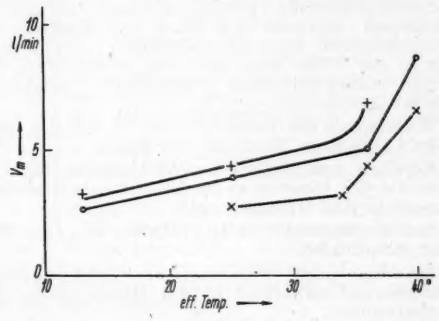


Fig. 3.

effektiver Temperatur die Herzleistung (das Minutenvolumen) steil ansteigt, womit auch in dieser Darstellung die absolute Erträglichkeitsgrenze gut erkennbar ist.

Schließlich sei noch als weitere, gut untersuchte Größe die mittlere *Hauttemperatur* des Menschen unter verschiedenen Klimabedingungen betrachtet. Die hier zugrunde gelegten Messungen wurden von G. Neuroth[4]) durchgeführt; zur Mittelung ist in dieser Arbeit die Formel von Pfleiderer[5,6,7]) angewandt, nach der die mittlere Hauttemperatur aus den Meßwerten für

9 bestimmte Körperstellen gebildet wird. Die Neurothschen Ergebnisse sind in Fig. 4 über der effektiven Temperatur aufgetragen, und zwar sind die Hauttemperaturwerte genommen, die sich nach 2½ Stunden Versuchsdauer eingestellt haben. Die Kurve läßt erkennen, daß auch in der mittleren Hauttemperatur Klimazustände von beispielsweise 35° und

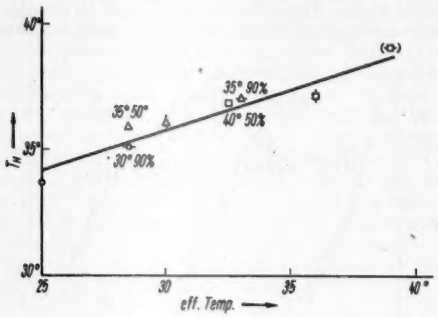


Fig. 4.

50% Feuchte oder 30° und 90% Feuchte, sowie 40° und 50% Feuchte oder 35° und 90% Feuchte, die nach der effektiven Temperatur gleichwertig sein sollen, sich gleichartig auswirken.

Alle hier gebrachten Diagramme zeigen, daß die nach dem subjektiven Verfahren der verschwindenden Empfindungsunterschiede — ähnlich wie auf anderem Sinnesgebiet bei der Photometrie — gebildete effektive Temperatur im allgemeinen der Nachprüfung mit objektiven Methoden standhält. Die im Maß der effektiven Temperatur subjektiv als äquivalent bewerteten Zustände ergeben auch die gleiche, objektiv meßbare Kreislaufbelastung. Ein Mangel der hier gebrachten Vergleiche ist, daß die Kreislaufdaten an der nackten Versuchsperson gemessen sind, während das zugrunde gelegte Diagramm der effektiven Temperatur für Personen mit entblößtem Oberkörper gilt. Es wäre interessant, objektive Messungen auch unter verschiedenen Strahlungsbedingungen durchzuführen.

Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt.

Eingegangen am 14. Mai 1949.

[1]) Brezina, E. und Schmidt, W., Das künstliche Klima in der Umgebung des Menschen. Stuttgart 1937.
[2]) Büttner, K., Physikalische Bioklimatologie, Leipzig, Akad. Verlags-GmbH. (1938).
[3]) Frank, E. und Wezler, K., Physikalische Wärmeregulation gegen Kälte und Hitze im Sauerstoffmangel, Pflügers Arch. **250**, S. 598—622 (1948).
[4]) Neuroth, Gisela, Die Hauttemperatur im Dienste der Wärmeregulation, Pflügers Arch. **250**, S. 396—413 (1948).
[5]) Pfleiderer, H., Z. exp. Med. **90**, S. 245 (1933).
[6]) Pfleiderer, H. und Büttner, K., Die physiologischen und physikalischen Grundlagen der Hautthermometrie, Leipzig (1935).
[7]) Pfleiderer, H. und Büttner, K., Methodik der thermoelektrischen Hauttemperaturmessung. Abderhaldens Hdbch. biolog. Arbeitsmeth., Abt. IV, Teil 13.
[8]) Teleky, L., Englische und amerikanische Untersuchungen über Temperatur und Feuchtigkeit und deren Einfluß auf den Menschen, mit besonderer Berücksichtigung von gewerblichen und Bergwerksbetrieben. Erg. Hyg. **9**, S. 295—342 (1928).
[9]) Wezler, K. und Thauer, R., Wärmeregulatorische Umstellungen des Organismus bei wechselnden Klimabedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit), Luftfahrtmedizin **8**, S. 224—241 (1943).
[10]) Wezler, K. und Thauer, R., Erträglichkeitsgrenze für wechselnde Raumtemperatur und -feuchte, Pflügers Arch. **250**, S. 192—199 (1948).

Kurze Originalmitteilungen.

Beziehung zwischen den magnetischen Tagesvariationen und der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes.

Nach den ausführlichen Untersuchungen von A. Schuster[1]) und S. Chapman[2]) über die solare und lunare Tagesschwankung beim Erdmagnetismus werden die Überlagerungsfelder (Größenordnung 50 γ) von Flächenströmen in der Ionosphäre erzeugt. Diese von der magnetischen Vertikalkomponente induzierten Kreisströme verteilen sich unter der Wirkung der atmosphärischen Gezeiten-Zirkulation und Erwärmung in der Weise über die helle Hemisphäre, daß folgende charakteristische ortszeitliche Variationen entstehen können:

1. Wanderung des Feldstärkevektors um die Nullage im Laufe eines Tages mit der Sonne.

2. Nördlich und südlich der Wendekreise einfache Tageswelle der Horizontal- und Total-Intensität mit Minimum in den Mittagsstunden.

3. Um die Wendekreise Doppelwelle von H und T (kleine Amplitude).

4. Innerhalb der Wendekreise wieder einfache Tageswelle mit auffallend hohem Maximum in den Mittagsstunden.

5. Bei allen Elementen sind die Amplituden in den Sommermonaten größer als in den Wintermonaten.

Weiterhin besteht ein Zusammenhang mit der elfjährigen Sonnenfleckenperiode. Zur Zeit des Fleckenmaximums sind die Amplituden teilweise über 50% größer als beim Minimum.

Da sich die Erde unter dem stationären extraterrestrischen Magnetfeld hinwegdreht und die Größe der sich überlagernden Variation nur von der geographischen Breite und Länge abhängen kann, könnte man vermuten, daß breitengleiche Stationen — in erster Linie Tropenstationen — zur selben Ortszeit die gleichen Amplituden der einzelnen Elemente aufweisen müßten. Daß das nicht der Fall ist, wurde von J. Bartels[3]) in dem auffallenden Beispiel über die Tagesschwankungen von Batavia und Huancayo (Peru) gezeigt. Die Horizontalintensität hat in Huancayo eine dreimal so große Tagesamplitude als in Batavia. Dagegen verhalten sich die Totalintensitäten an den beiden Stationen wie 1 : 1,5.

Aus dem erdmagnetischen Archiv von A. Schmidt wurden für 20 Orte die Totalfeldstärke und deren Extremamplituden für die Äquinoktien und Solstitien entnommen. Die Korrelation der hiernach gewonnenen mittleren Amplituden mit der jeweiligen Feldstärke ergab den relativ hohen Koeffizient von —0,57 ± 0,15.

Danach haben die Orte mit relativ hoher Feldstärke kleine tägliche Amplituden und umgekehrt. Sehr schön ist die Übereinstimmung bei den Orten Irkutsk, Toronto und Washington (T groß) und bei St. Helena und Singapur (T klein).

Aus dem Kfz. folgt als Regressionsgerade für die Amplitude:

$$A_\gamma = 277 - 5{,}31 \cdot T_{\gamma \cdot 10^{-3}}$$

Aus diesem Ergebnis könnte unmittelbar der Schluß gefolgert werden, daß die „magnetische Sättigung" des Untergrundes eine Rolle spielt. Nach den neuesten Ansichten über den Gesteinsmagnetismus (H. Haalck[4]) kann in der Nähe des Curie-Punktes die induktive Magnetisierung außerordentlich stark geändert werden. Bei kleinen Feldstärken hat die Permeabilität bedeutend höhere Werte als bei großen Feldstärken, was nach H. Haalck in der Weise erklärt werden kann, daß die Moleküle durch die hohe Temperatur dem Einfluß der schwachen richtungsgebenden Feldstärke besser folgen können. Die Überlagerung des extraterrestrischen Variationsfeldes bewirkt somit im steilen Teil der Hystereseschleife größere Amplituden als im gekrümmten Bereich höherer mittlerer Feldstärken.

Nach diesem Gesichtspunkt ergibt sich eine eklatante Erklärung für die Zunahme der Amplituden in

sonnenfleckenreichen Jahren. Die bisherige Erklärung — Zunahme der Ionenmenge bis zum Vierfachen, um einen 50%igen Amplitudenanstieg zu erreichen — konnte nicht ganz befriedigen.

An magnetisch gestörten Tagen ist die Horizontalintensität im Mittel durchweg unternormal. Trotz des meist damit verbundenen Anstiegs der Vertikalintensität ist die Totalfeldstärke im Mittel ebenfalls kleiner als in ruhigen Zeiten. Die Ursache wird dem der Erddrehung entgegengesetzt fließenden Ringstrom zugesprochen, der ein zur Magnetachse ebenfalls entgegengesetzt gerichtetes Kraftfeld erzeugt. Durch die Verminderung der totalen Feldstärke verschiebt sich nun der Amplitudenpunkt auf der gedachten Hysteresekurve in den steilen Teil, so daß die Schwankung der Überlagerung größer wird.

Eine Erklärung der Zusammenhänge mit Hilfe von Erdstromhypothesen dürfte wegen der großen Schwingungsdauer dieser Art von Variationen nicht möglich sein.

Erdmagnet. Observatorium Fürstenfeldbruck.

K. Burkhart.

Eingegangen am 16. Juli 1949.

[1]) Schuster, A., Phil. Trans. A 180, 467 London 1889; A 208, 163 (1907).
[2]) Chapman, S., Phil. Trans. A 218, 1 (1919).
[3]) Bartells, J., Zs. f. Geophys. Bd. 14, S. 312 (1938).
[4]) Haalck, H., D. Gesteinsmagnetismus, Potsdam Ak. Verl.Ges. 1942).

Wachsen des Siliciums beim Erstarren.

Man hat wiederholt vermutet, daß sich Si beim Erstarren ausdehnt wie Bi. Als vielleicht erster beschreibt W. Fränkel (Z. anorg. Ch. **58** 154 (1908)), wie sich beim Erstarren von Si in N_2 eine Perle über die Kuppe hebt und weist auf die Analogie mit Bi hin. Möglicherweise können dabei aber gelöste Gase eine Rolle spielen. Gelegentlich einer anderen Arbeit fiel mir beim Schmelzen in einem 40-mm-Al_2O_3-Schiffchen im Vakuum von 10^{-3} Torr dieselbe Erscheinung auf. Das Si enthielt 0,2% $FeSi_2$ und 0,4% SiO_2, die natürlich in der Al_2O_3-Wand verschwanden. Durch ein Fenster konnte man das Emporwachsen eines nur wenige mm dicken und etwa 5 mm hohen Auswuchses beobachten. Sofortiges Niederschmelzen und Wiedererstarrenlassen gaben immer denselben Effekt. Es handelt sich also nicht um ein „Spratzen" durch gelöste Gase. Das Schiffchen war mit mehreren Rissen durchzogen, wozu eine große Kraft erforderlich ist. Bei der scharfen Abgrenzung ließ sich der Effekt messen. Bei bekanntem Schiffchengewicht wurden Regulus + Auswuchs gewogen, der Auswuchs mit einer zahnärztlichen Carborundumscheibe abgeschliffen und wieder gewogen. Es wurde in Stufen abgeschliffen, erst so, daß deutlich noch kleine Reste des Auswuchses übrigblieben, und dann möglichst genau in der glatten Regulusfläche. So konnte die Willkürlichkeit der Volummessung des Auswuchses beurteilt werden. Die Schliffflächen zeigten auch unter dem Mikroskop keine Vakuolen. Unter Annahme einer Dichte des festen Si von 2,3 bei 1400° (2,4 bis 2,5 bei 20°, kleiner Ausdehnungskoeffizient) wurden die gefundenen Gewichte in Volumen umgerechnet in ml. 3 Versuche ergaben:

	ml	%	ml	%	ml	%
Regulus + Auswuchs	0,538		0,655		0,725	
Auswuchs, 1. Abschliff	0,051	9,5	0,051	7,8	0,065	9,0
Auswuchs, 2. Abschliff	0,054	10,0	0,050	8,9	0,070	9,6

Der Auswuchs bedeutet den Volumüberschuß des erstarrten gegenüber dem geschmolzenen Si. Die Unsicherheit in der Größe des Auswuchses ist nicht größer als die Schwankungen der Einzelmessungen trotz der primitiven Methode. Das geschmolzene Si ist danach also um 10 ± 1% dichter gepackt als kristallisiertes. Nach den Angaben in Gmelin's Handb. d. Anorgan. Ch. VIII, Aufl. 1 ist der Effekt bei Ga 3%, bei Bi 2%, bei Sb unsicher.

Göttingen. H. v. Wartenberg.

Eingegangen am 3. August 1949.

Über orientierte Verwachsungen von Kristallen organischer Verbindungen.

IX. Mitteilung.

Über orientierte Verwachsungen von räumlichen organischen Molekeln.

In einer Arbeit „Über den Einfluß der Gestalt organischer Molekeln und ihrer Lagerung im Kristall auf ihre Befähigung zur orientierten Abscheidung" kommt A. Neuhaus[1]) auf Grund einer Durchmusterung des bisherigen Gutes an orientierten Abscheidungen organischer Substanzen sowie auf Grund theoretischer Erwägungen zu dem Ergebnis, daß Molekeln von „ausgesprochen linearem oder planarem Formtypus" sich bevorzugt orientiert abscheiden lassen.

Die Vorstellungen über den Vorgang der orientierten Verwachsung organischer Kristalle, die der vorliegenden Untersuchungsreihe zugrunde liegen, lassen ein derartig bevorzugtes Verhalten von Molekeln mit linearem oder planarem Formtypus nicht erwarten[2]). Diese Vorstellungen gehen davon aus, daß die Bausteine der aufwachsenden Verbindung mit den Bausteinen des Trägerkristalls eine chemische Beziehung der zwischen den Komponenten der Molekelverbindungen bestehenden Art eingehen. Damit wird also der Verwachsungsvorgang in das Arbeitsgebiet und den Erkenntnisbereich der Chemie der organischen Molekelverbindungen eingegliedert; die einzelnen Gruppen der organischen Molekelverbindungen sind als Modelle für die Kontaktschichten zwischen Wirts- und Gastgitter von orientierten Verwachsungen der Kristalle organischer Natur anzusehen.

Vor Aufnahme der vorliegenden Untersuchungen durchgeführte systematische Versuche mit organischen Verbindungen hatten lediglich zur Auffindung von orientierten Verwachsungen weniger Vertreter der Harnstoff- und Phenolreihe geführt, während alle Versuche mit Vertretern anderer organischer Verbindungsgruppen erfolglos geblieben waren. Auf Grund der oben dargelegten chemischen Betrachtungsweise des Verwachsungsvorganges gelang es hingegen durch Auswahl der Partner an Hand der bekannten Gruppen organischer Molekelverbindungen erstmalig, orientierte Verwachsungen von Vertretern der verschiedensten organischen Stoffklassen zu erhalten, so daß die Verwachsungen organischer Verbindungen an Zahl und Mannigfaltigkeit denen der anorganischen Verbindungen bald nicht mehr nachstanden.

Ein Blick auf die bekanntgewordenen organischen Molekelverbindungen zeigt ohne weiteres, daß ausgesprochen räumliche organische Molekeln in der Fähigkeit, mit Partnern der verschiedensten Art Molekelverbindungen einzugehen, den organischen Molekeln von linearem oder planarem Formtypus durchaus an die Seite gestellt werden können. Es sei hier nur z. B. auf die außerordentlich zahlreichen und mannigfaltigen Molekelverbindungen des räumlichen Molekels des Hexamethylentetramins (Urotropins) hingewiesen.

In der Tat gelingt es auch leicht, räumliche Molekeln des verschiedensten Typs mit mannigfaltigen Partnern zur orientierten Verwachsung zu bringen.

Die nachfolgenden Beispiele sind das Ergebnis von Versuchen mit zufällig zur Verfügung stehenden Partnern. Es dürfte unschwer gelingen, durch systematische Versuche zu den Partnern mit räumlichen Molekeln zahlreiche weitere Partner der verschiedensten Art aufzufinden.

Beispiele:

1. Tetrabromkohlenstoff mit Gips, Zinkblende, Molybdänglanz, Durol, Resorzin, Pyrogallol, Rohrzucker.

2. Pentaerythrit mit Pentachlorphenol, Pentachloranilin, Hexachlorbenzol, p-Aminobenzoesäure, Anthrachinon, Alizarin.

3. Trimethylolläthan mit Pentachlorphenol, Hexaäthylbenzol, Benzoesäure, Salicylsäure.

4. Urotropin mit Calcit, Gips, Glimmer, Antimonglanz.

5. γ-Tert-isobutylcaprolactam mit Gips, Glimmer, Pentachlorphenol, Pentachloranilin.

Diese in üblicher Weise durch Sublimation erhaltenen Verwachsungen stehen an Güte den bekannten Orientierungen von Kristallen „linearer" oder „planarer" organischer Verbindungen in keiner Weise nach.

Krefeld. J. Willems.

Eingegangen am 27. Juli 1949.

[1]) Neuhaus A., Die Naturwiss. 27 (1948)
[2]) Willems J., Die Naturwiss. 324—333 (1944); Z. f. Naturforschung Bd 2b 89—93 (1947).

Flammenspektren und Kinetik von Radikalreaktionen.

Es ist insbesondere von Gaydon[1]) hervorgehoben worden, daß bei der spektroskopischen Untersuchung von Flammen starke Banden der Radikale C_2 und CH gefunden werden, ohne daß diese im Verbrennungsmechanismus eine Rolle zu spielen scheinen. Es muß vielmehr der Schluß gezogen werden, daß gerade deren Nichtbeteiligung am Reaktionsmechanismus zu einer hohen stationären Konzentration und starker Bandenemission führt. Wie kürzlich mitgeteilt wurde[2]), treten im Gegensatz zu den normalen Flammen mit O_2-Verbrennung die C_2-Banden in Flammen mit NO-Verbrennung nicht, die CH-Banden mit geringerer Intensität auf; hingegen erscheinen die 4. positive Gruppe der CO-Banden und NH-Banden bei 3240 und 3253 Å. Das Auftreten der CO-Banden unter gleichzeitigem Verschwinden der C_2-Banden bei Übergang von O_2- auf NO-Verbrennung legt folgende Elementarreaktion nahe:

$$C_2 + NO = CO + CN \qquad (1)$$

Die Reaktion geht infolge der Reaktionsfreudigkeit des NO mit Radikalen so schnell vor sich, daß die stationäre Konzentration an C_2 unter den Versuchsbedingungen zu klein für eine merkliche Emission der C_2-Banden bleibt. Die 4. positive Gruppe der CO-Banden entspricht dem Übergang $^1\Pi \rightarrow {}^1\Sigma$. Zur Anregung in den $^1\Pi$- Zustand sind 8,04 eV erforderlich. Diese Energie muß durch Ausnutzung der Reaktionswärme aufgebracht werden. Die Wärmetönung der angegebenen Reaktion hängt von den Dissoziationsenergien der Reaktionsteilnehmer, deren Werte heute noch umstritten sind, ab. Die Wärmetönung reicht aber auf jeden Fall aus, wenn angeregte C_2-Moleküle im $^3\Pi$-Zustand (Anregungsenergie 55 Cal) reagieren, während die Reaktion nicht angeregter C_2-Moleküle evtl. lediglich eine Anregung der CN-Radikale bewirkt.

Entsprechende Überlegungen gelten für die Emission der NH-Banden bei 3240 und 3252 Å, die durch den Übergang $^1\Pi \rightarrow {}^1\Delta$ entstehen. Die erforderliche Anregungsenergie beträgt 4,88 eV. Als Elementarprozeß kommt in Frage

$$CH + NO = CO + NH \qquad (2)$$

Hier reicht die Wärmetönung bereits im Falle nichtangeregter CH-Radikale zur Anregung des $^1\Pi$-Termes aus.

Pannetier[3]) hat eine ähnliche Schwächung von C_2-Banden bei der Cyan-Sauerstoffflamme durch Zusatz von Schwefeldampf festgestellt. In dem Maße, wie die C_2-Banden geschwächt wurden, stieg die Intensität von CS-Banden. Pannetier macht hierfür die Reaktion

$$C_2 + S_2 = 2CS$$

verantwortlich, die unserer Reaktion[1]) entspricht. In Anbetracht der chemischen Ähnlichkeit von O_2 und S_2 entsteht die Frage, warum die C_2-Moleküle so leicht mit Schwefel im Gegensatz zum Sauerstoff reagieren. In diesem Zusammenhang ist von Bedeutung, daß S_2 im Gegensatz zum O_2 zur Öffnung der Doppelbindung und Ringbildung neigt, was valenzchemisch damit zusammenhängt, daß im S_2 die Einfachbindung energetisch stärker als die halbe Doppelbindung ist, während für O_2 das Umgekehrte gilt (Instabilität der Peroxyde[4]). Legt man nun für den Reaktionsmechanismus die Vorstellungen des Übergangszustandes zugrunde, so leuchtet ein, daß zur Bildung einer intermediären labilen Ringverbindung das S_2-Molekül sehr viel leichter bereit sein wird als das O_2-Molekül. Diese Überlegungen werfen gleichzeitig neues Licht auf die Verbrennungsvorgänge mit O_2 und die Zusammenhänge zwischen Flammenspektren und Kinetik von Radikalreaktionen.

Weil/Rhein. Hans Behrens.

Eingegangen am 27. Juli 1949.

[1]) Gaydon, A. G., Spectroscopy and Combustion Theory Lond. S. 54 (1948),
[2]) Behrens, H. und Rössler, F., Naturwiss. **36**, 218 (1949)
[3]) G. Pannetier, Comptes Rendus **228**, 478 (1949).
[4]) Vgl. hierzu C.N. Hinshelwood, Journ. Chem. Soc. 1948, S.531. A. von Hippel, Journ. Chem. Phys. **16**, 372 (1948).

Verwendung chemischer Reaktionen zur akustisch-optischen Bildwandlung.

Zur Herstellung von Abbildungen mit Hilfe von Ultraschallwellen nach dem von Pohlmann[1]) angegebenen Verfahren dient als schalloptischer Bildwandler eine Suspension feinster Aluminiumblättchen, die im Schallfeld mit ihren Flächen senkrecht zur Schallrichtung ausgerichtet werden. Bei geeigneter Beleuchtung entsteht durch Reflexion des Lichtes an den gerichteten Teilchen die gewünschte Sichtbarmachung der Schallintensität.

In der vorliegenden Mitteilung wird über Versuche berichtet, die eine schalloptische Bildwandlung auf chemischem Wege zum Ziel hatten. Es ist bekannt[2]), daß in wäßrigen, lufthaltigen Lösungen durch Ultraschallwellen chemische Oxydationsreaktionen auftreten, die darauf zurückgeführt werden, daß durch

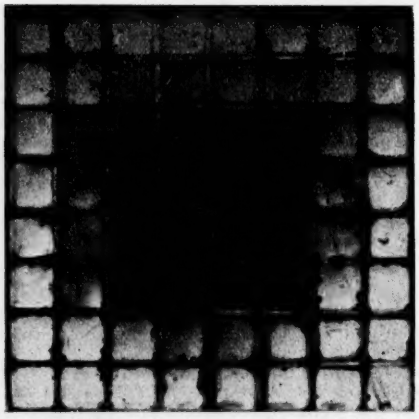


Fig. 1. Schallfeld. Plexiglasraster. Kammerquerschnitt 4 × 4 mm. Kammertiefe 1 cm. Rasterflüssigkeit: mit Tetrachlorkohlenstoff aktivierte Kaliumjodid-Stärkelösung. Schalleistung 10,5 Watt. Beschallungszeit 2 Minuten.

Kavitation in irgendeiner Weise angeregte Sauerstoffmolekeln bzw. Wasserstoffperoxyd entsteht. So erfolgen z. B. Verfärbungen organischer Farbstoffe und Blaufärbung einer Kaliumjodid-Stärkelösung. Um derartige Farbreaktionen für akustisch-optische Bildwandlung nutzbar zu machen, wurde eine schalldurchlässige Platte mit quadratischen Kammern versehen, die z. B. mit einer geeigneten Kaliumjodid-Stärkelösung gefüllt waren. Auf diese Weise entstand eine Rasterplatte, deren einzelne Bildpunkte aus Flüssigkeitssäulen bestehen. Wird ein solcher Bildwandler in ein Schallfeld, dessen Intensitätsverteilung untersucht werden soll, gebracht, so erfolgt eine Einfärbung der einzelnen Flüssigkeitssäulen je nach der lokalen Intensität und der Einwirkungsdauer des Schalls. Die Abbildung zeigt ein auf diese Weise gewonnenes Bild von einem Ultraschallstrahl-Querschnitt. Es wurden auch schall-optische Abbildungen durch einfachen Schattenwurf hergestellt.

Etwa der fotografischen Gradationskurve entsprechend wurde die Abhängigkeit der ausgeschiedenen Jodmenge von der Schallintensität und -einwirkungsdauer gemessen und in gewissen Bereichen Proportionalität gefunden. Es zeigte sich, daß die Flüssigkeitssäulen mindestens eine Höhe besitzen müssen, die etwa einer Schallwellenlänge entspricht. Ferner wurde gefunden, daß die Jodausscheidung von einem bestimmten Grenzwert der Schallintensität ab beginnt, offenbar weil dann Kavitation einsetzt. Werden der Kaliumjodid-Stärkelösung geringe Mengen aliphatischer Polychloride, wie Tetrachlorkohlenstoff oder Chloroform, zugefügt, so findet bereits Einfärbung unterhalb des gefundenen Schwellwertes statt.

Erwähnt sei noch, daß es nicht möglich war, an Stelle des aus diskreten Flüssigkeitssäulen bestehenden Rasters etwa eine der Fotoplatte entsprechende Gelatine- oder Stärkeschicht zu verwenden, da offenbar in Gelen keine Kavitation auftritt.

Eine ausführlichere Veröffentlichung erfolgt an anderer Stelle.

Institut für Angewandte Physik, Chemisches Staatsinstitut, Universität Hamburg

H. Rust, R. Haul, H. J. Studt.

Eingegangen: 12. August 1949

[1]) Pohlmann, R., Z. f. Angew. Physik 1, 181 (1948).
[2]) Bergmann, L., Der Ultraschall. Berlin 1942; dort weitere Literatur.

Nachweis der Galaktose als charakteristische Adsorptionskomponente an Asbest.

Organische Kieselsäureverbindungen. XIV. Mitt.

In einer früheren Mitteilung[1]) hatten wir darauf hingewiesen, daß gewisse Unterschiede bei der spezifischen Adsorption von Lipoidkomponenten aus Blut an Quarz bzw. Asbest beobachtet werden konnten. Diese Untersuchungen, die wir als Modellversuche zur Ermittlung der Primärreaktion im Hinblick auf die mit der Asbestose und Silikose zusammenhängenden Erkrankungen durchgeführt hatten, ergaben nach einer Behandlung des Asbestes bzw. Quarzes mit Blut folgende qualitativen Unterschiede:

Nach voraufgegangener erschöpfender Ätherextraktion des mit Blut behandelten Quarzes konnte von P. Fahrnländer in der anschließenden Methanolfraktion größere Mengen an freiem Cholesterin gefunden werden, die erst nach der Fällung des Eiweißes mit Methanol extrahierbar wurden, während unter gleichen Versuchsbedingungen in der Methanolfraktion des mit Blut behandelten Asbestes keinerlei Cholesterin nachweisbar war.

Dagegen fanden wir in der Methanolfraktion des mit Blut behandelten Asbestes stets Galaktose, während es uns bisher nicht gelungen ist, bei gleichen Versuchsbedingungen in den Quarzversuchen die Galaktose in der Methanolfraktion nachzuweisen.

Die Methanollöslichkeit der gefundenen Galaktose weist auf die Tatsache, daß die Galaktose in einer methanollöslichen Verbindung am Asbest adsorbiert ist. Bekannt sind hier bisher nur die Galaktolipoide[2]) und die Galaktophosphatide[3]).

Die Tatsache, daß von der aus 1 l Rinderblut gewinnbaren Galaktose im Methanolextrakt in unseren Versuchen mehr als die Hälfte am Asbest adsorbiert wird (z. B. von 0,113 g Galaktose im Methanolextrakt des Kontrollversuchs wurden 0,066 g am Asbest adsorbiert), eröffnet die Möglichkeit, diese Blutkomponente auf diesem Wege anzureichern und zu gewinnen.

Der Galaktosenachweis erfolgte:

1. als Phenylhydrazon aus Äthanol (Smp. 160°)
2. als Phenylosazon aus Äthanol (Smp. 186°)
3. als o-Tolylphenylhydrazon aus 95% Äthanol (Smp. 177,5°),

wobei die letztere als spezifische Reaktion auf Galaktose gilt.

Die beiden Versuchsanordnungen weisen auf eine mögliche spez. Wechselwirkung von Quarz und Asbest mit dem in der Literatur so viel diskutierten Protagon hin, wobei eine unterschiedliche Aufspaltung stattfinden könnte.

Abt. Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung, Berlin-Dahlem.

Luise Holzapfel. Werner Engel.

Eingegangen am 3. August 1949.

[1]) Holzapfel, Luise und Fahrnlaender, Peter, Naturw. 35, 314 (1948).
[2]) Bloor, Biochemistry of the Fatty acids, Reinhold Publishing Corp. S. 19—20 (1943).
[3]) Dunham, Journ. of biol. Chemistry 4, 297 (1907).
Dunham und Jacobson, Zschr. f. physiol. Chemie 64, 303 (1910) zitiert nach Biochem. Handlex. Bd. 3, 257.

Die Bestimmung des physikalisch gelösten Sauerstoffs in biologischen Flüssigkeiten mit der Quecksilbertropfelektrode.

Die bisher für den Sauerstoffdruck (pO_2) mitgeteilten polarographischen Eichkurven zeigen entweder im Bereich niederer O_2-Spannungen eine Krümmung oder sie werden so gezeichnet, daß sie nicht durch den Nullpunkt gehen (Petering und Daniels[1]), Wanner[2]), Wiesinger[3]), D. K. Hill[4])). Nur bei Drucken über 50 mm Hg werden die Eichkurven linear und durch den Nullpunkt des Koordinatensystems gehend angenommen (Berggren[5])). Es war also bislang nicht möglich, aus den mitgeteilten Untersuchungen, soweit sie uns bekannt wurden, niedrige O_2-Drucke (unter 25 mm Hg) mit Sicherheit und reproduzierbar zu bestimmen.[6])

Bei dem Interesse, das gerade die niederen Sauerstoffdrucke in der Biologie verdienen, war es gerechtfertigt, die polarographische Methode in diesen Bereichen auf ihre Brauchbarkeit zu überprüfen. Wir konnten zeigen, daß die Eichkurve bis herab zu 1 mm Hg linear verläuft und durch den Nullpunkt des Koordinatensystems geht. Die bisherigen Schwierigkeiten beruhen darauf, daß bei der Analyse mit der Quecksilbertropfelektrode bekanntlich zwei Ströme verschiedener Herkunft fließen: a) der Depolarisations- oder Diffusionsstrom und b) der sog. Kapazitäts- oder Ladungsstrom.

a) Der *Depolarisationsstrom* (i_F). Dieser Strom fließt dadurch, daß Ionen, die an die Oberfläche des Quecksilbertropfens herandiffundieren, durch die Aufnahme von Elektronen entladen werden. Die Größe des entstehenden Stromes ist unter geeigneten Bedingungen nur abhängig von der Diffusionskonstanten (D), der Konzentration der Ionen in der Lösung ($c_{0\,Ion}$) und einer Konstanten (k):

$$i_F = k\sqrt{D}\, c_{0\,Ion} \qquad (1)$$

b) Der *Kapazitätsstrom* (i_K) ist eine bei der Polarographie störende Erscheinung, besonders wenn man sehr kleine Mengen zu bestimmen hat. Er entsteht durch die unterschiedlichen Elektrodeneinzelpotentiale an der tropfenden und an der ruhenden Elektrode. Bekanntlich hat die Tropfelektrode gegenüber den von uns betrachteten Lösungen angenähert das Potential Null. Die ruhende Elektrode hat dagegen ein positives Potential (z. B. Kalomelelektrode + 0,56 Volt). Werden beide Elektroden über ein Galvanometer verbunden, so gleicht sich bei jeder Tropfenbildung die Potentialdifferenz erneut aus. Der so entstehende Strom (Kapazitätsstrom) fließt bereits ohne daß von außen eine Spannung E angelegt wird (etwa 3×10^{-7} Amp., näheres siehe D. Ilkovič[7]). Dieser Tatbestand ist für die Aufstellung einer Eichkurve entscheidend, denn die Stellung des Galvanometers bei E = 0 Volt ist verschieden von der wahren Nullage des kurzgeschlossenen Galvanometers. Die Bezeichnung Kapazitätsstrom rührt daher, daß sich an der Quecksilberoberfläche des Tropfens eine Helmholtzsche Doppelschicht mit einer bestimmten Kapazität C ausbildet, die bei jedem Tropfen immer wieder neu aufgeladen werden muß. Die Kapazität C geht deshalb auch in die zur Berechnung des Kapazitätsstromes i_K aufgestellte Gleichung ein:

$$i_K = k'\, C\, (\Delta\varphi_A - E), \qquad (2)$$

wobei $\Delta\varphi_A$ das Potential der ruhenden Elektrode, E die angelegte Klemmenspannung und k' eine Konstante bedeuten.

Aus Gleichung (2) folgt, daß i_K nur dann Null ist, wenn $E = \Delta\varphi_A$ ist. Bei allen übrigen Spannungen E ist i_K am Zustandekommen des Gesamtstromes I in wechselndem Ausmaß beteiligt (siehe Fig. 1).

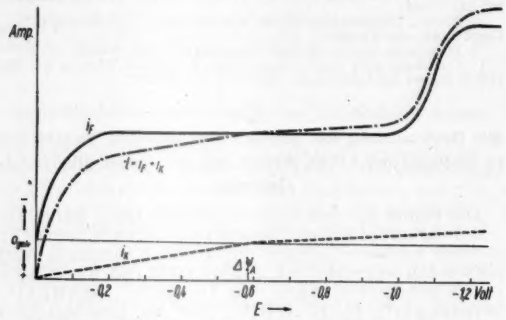


Fig. 1. Schematische Darstellung vom Zustandekommen des polarographischen Gesamtstromes I. Ogalv-Nullioie des freien Galvanometers. (Näheres siehe Text.)

Um den einzig interessierenden i_F zu bestimmen, muß man $\Delta\varphi_A$ kennen. Hierzu stellten wir Elektrokapillarkurven auf und ermittelten für Ringerlösung — 0,59 Volt bei 18° C und 150 mm Hg pO_2. Somit wird bei der Klemmenspannung E = — 0,59 Volt i_K = O und der Gesamtstrom I ausschließlich von der O_2-Konzentration abhängig. Bei der Aufstellung der Eichkurven berücksichtigt man diesen Umstand, indem man den Galvanometerausschlag bei 0,59 Volt auf die

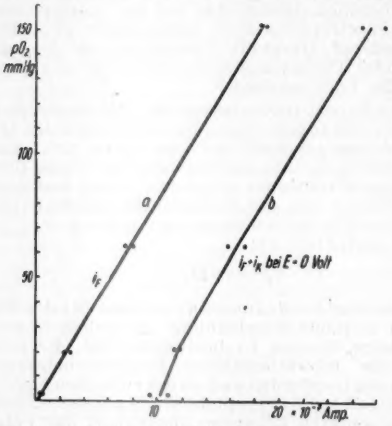


Fig. 2. Eichkurve für O_2 in menschlichem Serum. (Näheres im Text.)

wahre Nullinie des kurzgeschlossenen Galvanometers bezieht (nicht aber auf die gewöhnlich benützte Galvanometerstellung bei E = 0 Volt).

Fig. 2a zeigt eine derartig gewonnene Eichkurve für O_2 in Serum. Sie ist für die O_2-Konzentrationen von 150 bis 2,5 mm Hg — bei der angewandten Empfindlichkeit — streng linear und geht in guter Annäherung durch den Nullpunkt. Kurve b bezieht sich dagegen auf die Stellung des Galvanometers bei E = O Volt. Die durch den Kapazitätsstrom bedingten Abweichungen sind sehr deutlich.

Die Berücksichtigung der mitgeteilten Methode erlaubt die Bestimmung niederer O_2-Drucke mit einer größeren Genauigkeit, als es — soweit wir sehen — bisher möglich war. Eine ausführliche Mitteilung erscheint in Pflügers Archiv.

Physiologisches Institut der Universität Kiel.

Eingegangen am 16. Juni 1949. Heinz Bartels.

[1]) Journ. of Amer. chem. Soc. **60**, 2796 (1938).
[2]) Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich **90**, 88 (1945).
[3]) Helv. Physiol. Acta 6, C 71—G 72 (1948).
[4]) J. Physiol. **107**, 479 (1948).
[5]) Acta physiol. scand. Vol. 4 Suppl. 11—13 (1942).
[6]) Nach Abschluß der Arbeit erhielten wir von einer Untersuchung (Laitinen, H. A. und Mitarb. Journ. of Amer. chem. Soc. **70**, 561 (1948)) Kenntnis, in der die Änderung der Elektrodenpotentiale durch verschiedene O_2-Drucke zur *potentiometrischen* Analyse benützt wurde. Da die Messungen nur in KCl-Lösungen und nur zwischen 0,005% und 1,0% O_2 durchgeführt wurden, dürfte die Methode für den Biologen vorläufig von beschränktem Interesse sein, abgesehen davon, daß sie einen sehr viel größeren Aufwand erfordert.
[7]) P. S. D. M. Electrode. Part IV. Collection **8**, 170 (1936).

Actinomycin C.

Aus der Kulturflüssigkeit eines von O. v. Plotho aus Erdboden isolierten Actinomyces-Stammes haben wir vor einiger Zeit einen gelbroten, krystallisierten Farbstoff abgetrennt, der eine hohe antibiotische Wirksamkeit besitzt. Er ist in seinen Eigenschaften und seiner Zusammensetzung dem von Waksman[1]) und Mitarbeitern aus *Actinomyces antibioticus* gewonnenen Actinomycin A sehr ähnlich, aber offenbar nicht mit ihm identisch. Kürzlich berichteten Dalgliesh und Todd[2]) über ein dem Actinomycin A sehr ähnliches rotes Antibioticum, das sie provisorisch als Actinomycin B bezeichnen. Es enthält wie Actinomycin ein reversibles Redoxsystem und liefert bei der hydrolytischen Spaltung 5 verschiedene Aminosäuren. Durch Papierchromatographie konnte Prolin, Threonin und Valin nachgewiesen werden. Die vierte Aminosäure ist möglicherweise N-Methylvalin. Bei milder Hydrolyse wird eine Guanidinogruppe freigelegt.

Da das von uns isolierte gelbrote Antibioticum, soweit sich auf Grund der über Actinomycin A und B veröffentlichten Befunde übersehen läßt, mit keinem von beiden identisch ist, sondern vermutlich einen dritten Vertreter einer Gruppe sehr ähnlicher Antibiotica darstellt, bezeichnen wir es vorläufig als Actinomycin C und teilen im folgenden unsere bisherigen Befunde mit.

Actinomycin C krystallisiert aus Essigester in alizarinroten Bipyramiden, die unter Zersetzung bei 254° korrig. schmelzen. Es löst sich spielend in Aceton, gut in Chloroform und Benzol, mäßig in Alkohol und Essigester. Unter der Analysenlampe fluoreszieren die Lösungen in Eisessig und Methanol — sofern sie nicht zu konzentriert sind — intensiv gelbgrün, die in Benzol, Aceton und Pyridin dagegen nur ganz schwach rötlich bzw. gar nicht. In Wasser ist Actinomycin C nur spärlich löslich und kann mit Ammonsulfat ausgesalzen werden. Die Lösungen sind kolloidal und schäumen stark. Beim Erwärmen trüben sie sich und verlieren ihre Oberflächenaktivität. Erkalten sie unter Zutritt von CO_2, so werden sie wieder klar und schäumen beim Schütteln. Wird CO_2 ferngehalten, so bleibt diese Rückverwandlung in den ursprünglichen Zustand aus.

Actinomycin C läßt sich aus organischen Lösungsmitteln, in denen es sich mit gelber Farbe löst, mit Salzsäure (mehr als 4% HCl) ausschütteln, hat also schwach basischen Charakter. Die Farbe der salzsauren Lösung ist gelbstichig rot. Die Salzbildung der chromophoren Gruppe ist also mit einer Farbvertiefung verbunden. In wäßrigem Alkali ist unser Antibioticum ebenso wie Actinomycin A praktisch unlöslich. In starker alkoholischer Lauge (Claisen-Lauge) löst es sich purpurrot. Diese Farbe ist etwa 10 Minuten beständig. Waksman gibt an, daß beim Actinomycin A, die in starker alkoholischer Lauge auftretende Rotfärbung schnell verschwindet.

Actinomycin C zeigt in 0,25%iger methanolischer Lösung die spez. Drehung $[\alpha]_D^{17} = -310° \pm 3°$. Die Werte sind stark konzentrationsabhängig. Für das gleiche Lösungsmittel fanden wir bei $c = 0{,}05\%$ $[\alpha]_D^{17} = -250°$ und für $c = 0{,}5\%$ $[\alpha]_D^{17} = -327°$. In Äthanol erhielten wir für $c = 0{,}25\%$ $[\alpha]_D^{19} = -310° \pm 5°$.

Die Gewinnung einwandfreier Analysenzahlen ist dadurch erschwert, daß Actinomycin C hartnäckig Lösungsmittel und CO_2 festhält. Als Mittelwert aus 22 Analysen (darunter solche von achtmal umkrystalli-

sierten Präparaten) fanden wir: C 59,05, H 7,07 und N 12,26. Nach verschiedenen Methoden durchgeführte Molekulargewichtsbestimmungen hatten kein eindeutiges Ergebnis. Kryoskopisch in Phenol sowie nach Barger-Rast fanden wir Werte zwischen 800 und 900, denen wir aber keine endgültige Bedeutung zumessen. Nimmt man ein Molekulargewicht dieser Größe an (die sicher als Mindestgröße anzusehen ist), so passen unsere Analysenzahlen auf die Formel $C_{40}H_{57}O_{11}N_7$. Die hierauf berechneten Analysenzahlen eines aus Actinomycin C mit Perchlorsäure erhaltenen roten krystallisierten, leichthydrolysablen Salzes vom Schmp. 192° (korrig.) stimmen auf ein Diperchlorat.

Actinomycin C nimmt bei der katalytischen Hydrierung (Pt/Eisessig) auf die obige Formel berechnet 0,8 Mol H_2 auf, was vielleicht ein Hinweis dafür ist, daß das Molekulargewicht doch größer ist als dieser Formel entspricht. Die gelbe Farbe der Lösung wird im Verlauf der Wasserstoffaufnahme blaßgelb und bei Luftzutritt wieder gelb.

Obgleich unser Produkt auf Grund der Zerewitinoff-Bestimmung 5 aktive Wasserstoffatome enthält, gelang es bisher nicht, ein Acetylierungs- oder Methylierungsprodukt darzustellen. Dagegen erhielten wir bei der acetylierenden Reduktion eine krystallisierte Verbindung vom Schmp. 253° korrig.

Unter milden Bedingungen entstehen bei saurer Hydrolyse des Actinomycins C zwei orangerote, wasserlösliche Basen, die nicht mehr antibiotisch und toxisch sind. Die eine wird bei der chromatographischen Adsorption aus Wasser an Aluminiumoxyd als gelbe Zone adsorbiert (Zonenbase), die andere geht dabei ins Filtrat (Elutbase). Zunächst entsteht nur die Elutbase, im weiteren Verlauf der Hydrolyse nimmt ihre Menge zugunsten der Zonenbase ab. Die oberflächenaktiven wäßrigen Lösungen beider Basen trüben sich beim Erhitzen. Durch Salze werden die Basen ausgefällt. Durch starke Reduktionsmittel gehen beide in hellgelbe Leukoverbindungen über, die sich an der Luft über eine grüne, anscheinend semichinoide Zwischenstufe wieder gelb färben. Zonen- und Elutbase bilden Pikrolonate (von der Elutbase wurde auch ein Chloraurat dargestellt), deren Analysen dafür sprechen, daß bei der milden Hydrolyse kein oder nur ein geringfügiger Abbau des Moleküls stattfindet. Beide Basen geben bei der Aminostickstoffbestimmung nach Van Slyke nur geringe Mengen N_2. Durch die Einwirkung der salpetrigen Säure bilden sich saure, wasserunlösliche Verbindungen, die mit Phenol und Schwefelsäure die Liebermann-Reaktion auf Nitroso-Verbindungen geben, und die nach kurzem Erwärmen mit konz. HCl wieder die Eigenschaften der Ausgangsstoffe annehmen. Wahrscheinlich besteht der erste Schritt der Hydrolyse in der Aufspaltung eines Ringes unter Freisetzung einer Carboxyl- und sekundären Aminogruppe. Das Nitrosamin der Elutbase löst sich in Natriumcarbonatlösung, wird im Gegensatz zum Ausgangsprodukt fest an Aluminiumoxyd adsorbiert und geht mit Diazomethan in eine gelbe, neutrale Verbindung über.

Bei energischer Hydrolyse mit 30%iger Schwefelsäure wird aus Actinomycin C NH_3 und CO_2 im Verhältnis 2 : 1 abgespalten. Der Chromophor wird dabei in eine schwarze, wasserunlösliche Substanz verwandelt, während nach Ausweis des Papierchromatogrammes 5 Aminosäuren freigesetzt werden, von denen l-Threonin, l-Prolin, d-Alloisoleucin (oder d-Isoleucin) sowie eine N-Methyl-aminosäure (Schmp. 160°, R_F-Wert wie Valn) krystallisiert erhalten wurden. Die fünfte Aminosäure konnte von Herrn Kaß krystallisiert gewonnen und als N-Methyl-valin indentifiziert werden.

Für die antibiotische Wirkung des Actinomycins C wurden folgende Grenzkonzentrationen gefunden: *St. aureus* 1 : 20 000 000; *B. subtilis* 1 : 100 000 000; *Bact. coli* 1 : 10 000. Die innerhalb 24 Stdn. tödlich wirkende Dosis pro kg Maus betrug oral 50 mg, intraperitoneal 5 mg.

Die folgende Tabelle bringt einen Vergleich zwischen den drei Actinomycinen.

Actinomycin A	*Actinomycin B*	*Actinomycin C*
Schmp. 250° (zers.)	Schmp. 252° (zers.)	Schmp. 254° (zers.) korrig.
$[\alpha]_D^{25} = -320° \pm 5$ (c=0,25 % in Äthanol)	$[\alpha]_D^{25} = -332°$ (c = 0,25 % Äthanol)	$[\alpha]_D^{19} = -310° \pm 3°$ (c = 0,25 % Äthanol)
C 59.1, H 6.81, N 13.35 $C_{41}H_{64}O_{11}N_8$	C 57.87, H 6.40, N 13.17 $C_{41}H_{64}O_{12}N_8$	C 59.08, H 7.07, N 12.26 $C_{40}H_{57}O_{11}N_7$
Aceton: Mäßig löslich		Aceton: Sehr leicht löslich
Diacetylderivat mit dem gleichen Schmp. wie Actinomycin A		Kein Acetylderivat
Leukoacetylderivat Schmp. 241° C 58.52, H 6.45, N12.04		Leukoacetylderivat Schmp. 253° C59.50, H6.95, N11.14

Wir halten es für möglich, daß die Unterschiede zwischen den drei Actinomycinen auf einer Verschiedenheit in der Konstitution der Polypeptidkette beruhen, die vielleicht cyclisch mit dem Chromophor verknüpft ist. Für dessen Konstitutionsermittlung sehen wir einen wichtigen Hinweis in der Beobachtung, daß die Reduktion und Reoxydation der Zonen- und Elutbase im Gegensatz zum Actinomycin selber über eine grüne Zwischenstufe führt.

Göttingen, Organisch-chemisches Institut der Universität.

Hans Brockmann und Nikolaus Grubhofer.

Eingegangen am 30. September 1949.

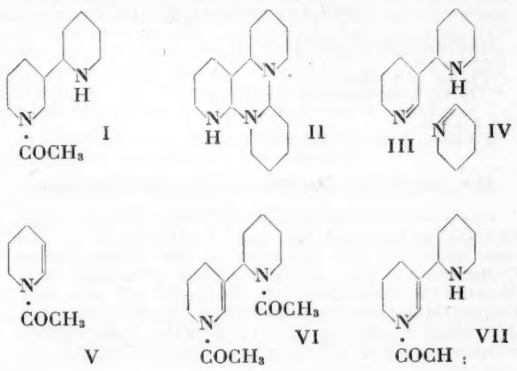
[1]) Waksman, S. A. u. Tishler, M. J. Biol. Chem. **142**, 519 (1942).
[2]) Dalgliesh, C. A. u. Todd, A. R., Abstracts of Communication des I. Internationalen Kongresses für Biochemie in Cambridge, August 1949, S. 246.

Konstitution und Synthese des Ammodendrins.

Das Ammodendrin der Summenformel $C_{12}H_{20}ON_2$ ist ein kristallisiertes, optisch-inaktives Alkaloid, das von A. Orechoff und N. Proskurnina in dem zu den Leguminosen gehörenden Baum Ammodendron conollyi Bge. aufgefunden wurde[1]). Es enthält eine N-Acetylgruppe; das zweite, basische Stickstoffatom ist sekundär. Durch katalytische Hydrierung wurde das Vorliegen einer Doppelbindung nachgewiesen.

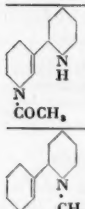
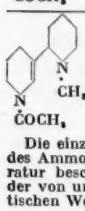
Durch die Verseifung des so gewonnenen Dihydroammodendrins zu α,β-Dipiperidyl und die experimentelle Verknüpfung des N-Methyl-ammodendrins mit dem N-Methyl-anabasin haben Orechoff und Proskurnina weiter nachgewiesen[2]), daß dem Dihydro-ammodendrin die Konstitution I zukommt. Es ist unbekannt, an welcher Stelle des Moleküls die Doppelbindung sich im Ammodendrin befindet.

Wir haben nun vor einiger Zeit gezeigt[3]), daß dem Isotripiperidein die Konstitution II eines aus Δ^1-Piperidein (IV) und Tetrahydro-anabasin der Formel III aufgebauten cyklischen Aldehydammoniaks zukommt, der schon beim Lösen in Mineralsäuren von Zimmertemperatur rasche Hydrolyse zu den Komponenten III und IV erleidet. Beim Kochen mit Essigsäureanhydrid tritt gleichfalls Zerfall unter Bildung der Acetylverbindungen V und VI ein, die sich jeweils von der Enaminform von IV bzw. III ableiten.



Acetyliert man jedoch Isotripiperidein (II) im indifferenten Lösungsmittel mit Keten, so wird eine ölige Monoacetylverbindung (analog II; :N·COCH₃ statt :NH) erhalten, die mit Jodwasserstoffsäure in Δ^1-Piperidein und die Monoacetylverbindung der Enaminform des Tetrahydroanabasins (VII) zerfällt. Die Konstitution dieser Verbindung ist durch die Synthese eindeutig gegeben.

Das so erhaltene Jodhydrat zeigt den Schmelzpunkt des Ammodendrin-Jodhydrats, die daraus dargestellte kristallisierte Base den des *Ammodendrins*. Da auch alle anderen von Orechoff und Proskurnina beschriebenen Derivate und Salze des Ammodendrins und N-Methyl-ammodendrins mit denselben Schmelzpunkten von uns aus der Verbindung VII erhalten wurden, kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß auf dem geschilderten einfachen Wege die Synthese des Ammodendrins gelungen und damit auch die bisher noch unbekannte Lage der Doppelbindung festgelegt ist. Die folgende Gegenüberstellung der Schmelzpunkte der in der Literatur beschriebenen Ammodendrin-Derivate und der von uns dargestellten Verbindungen zeigt die Identität der synthetischen Verbindung VII mit Ammodendrin.

Verbindung:		Schmelzp.	Schmelzp. der Literatur für die entsprechenden Derivate des Ammodendrins
	Base	73— 74°	73— 74°
	(Monohydrat)	221—222°	218—220°
	Hydrojodid	208—209°	199—200°
	Perchlorat		
	Base	65— 66°	65— 66°
	Hydrojodid	184—185°	183—185°
	Jodmethylat	164—165°	163—165°

Die einzige geringfügige Abweichung findet sich beim Perchlorat des Ammodendrins; wir möchten annehmen, daß das in der Literatur beschriebene Salz noch nicht ganz rein war. Die Analysen der von uns dargestellten Verbindungen stimmen mit den theoretischen Werten überein.

Nimmt man an, daß die Ammodendrin erzeugenden Pflanzenzellen ein enzymatisches System besitzen, das Tetrahydroanabasin (IV) spezifisch in der Enaminform nur am Enaminstickstoff acetyliert, wofür allerdings noch kein Hinweis vorliegt, so könnte folgender Reaktionsweg in der Zelle vom Lysin zum Ammodendrin führen: Lysin geht durch Neubauer-Knoop-Abbau in ω-Amino-valeraldehyd und dieser spontan in Δ^1-Piperidein (IV) über[3]), das sich, wie wir gefunden haben, in physiologischen p_H-Bereich in rascher Reaktion von selbst zu Tetrahydroanabasin (III) dimerisiert[4]), das seinerseits durch spezifische— enzymatische — Monoacetylierung der Enaminform Ammodendrin ergeben kann.

Darmstadt, Institut für organische Chemie der Technischen Hochschule.

Clemens Schöpf, Franz Braun.

Eingegangen am 27. Juni 1949.

[1]) B. **68**, 1807 (1935).
[2]) Bl. [5] **5**, 29 (1938) = C 1938 I 2550.
[3]) Schöpf, C., Komzak, A., Braun, F. und Jacobi, E.. A. **569**, 1 (1948).
[4]) Angew. Chem. **59**, 29 (1947).

Der Einfluß von Eiweißen auf ein Cholesterinsol.

Das System Cholesterin-Eiweiß beansprucht einiges biologische Interesse, da beide Stoffgruppen gemeinsam auftreten. Am innigsten ist die Berührung im Gallensekret. Ein Zusammenhang zwischen einer Störung der Eukolloidalität der Galle mit der Konkrementbildung in derselben durch Eiweiß ist namentlich durch Naunyn und Lichtwitz angenommen worden. Seitdem jedoch eigene Untersuchungen Eiweiß auch in der gesunden Galle ergaben, scheint es nicht die Gegenwart von Eiweiß schlechthin zu sein, die die Eukolloidalität aufhebt, sondern eine qualitative Verschiebung. Bei Leber- und Gallenerkrankungen, die erfahrungsgemäß häufig Gallensteinbildung im Gefolge haben, fand sich ein Absinken der Albumine und Zunahme der Globuline in der Gallenflüssigkeit.

Dieser Befund gab Veranlassung, in den folgenden Versuchen den Einfluß verschiedener Eiweißkörper auf ein Cholesterinsol zu untersuchen. Das Sol wurde durch Verdünnung von 5 ccm gesättigter Cholesterinlösung in Methanol mit 95 ccm 0,9%iger Kochsalzlösung hergestellt. Zu 5 ccm dieses Sols wurden je 2 ccm der 3%igen Eiweißlösung gegeben: Humanalbumin, Humanglobulin, Humanfibrinogen, Eieralbumin. Nach einstündigem Stehen wurde im Photozellenkolorimeter die Trübung abgelesen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle zusammengestellt.

Eiweißlösung 3%		Trübung nach 1 Stunde	Flockung
Cholesterinsol		0	—
„	+ 2 ccm Albumin	0	—
„	+ 2 ccm Globulin	20%	+
„	+ 2 ccm Fibrinogen	44%	+++
„	+ 2 ccm Eiereiweiß	28%	++
„	+ 1 ccm Albumin + 1 ccm Fibrinogen	12%	+
„	+ 1 ccm Albumin + 1 ccm Eiereiweiß	0	—
„	+ 1 ccm Albumin + 1 ccm Globulin	0	—

Keines der Eiweiße wurde durch 5%ige Methanollösung gefällt. Zusätze von Bilirubin und Gallensäuren waren ohne Einfluß auf den Flockungsvorgang. Das Cholesterinsol flockt nach etwa 40 Stunden spontan. Diese Spontanflockung läßt sich durch Albuminzusatz verhindern. Die Summe der Ergebnisse ist, daß Albumin in dem beschriebenen Cholesterinsol eine Schutzkolloidfunktion übernimmt, während die übrigen geprüften Eiweißkörper in der Reihe Globulin < Eiereiweiß < Fibrinogen eine fällende Wirkung zeigen.

Das System Cholesterin-Eiweiß scheint folgenden Aufbau zu haben: Die Stabilität des reinen Sols ist nicht sehr groß. Eine Zeitlang vermögen sich die Cholesterinteilchen vermittels der durch ihre geringe negative Ladung hervorgerufenen gegenseitigen Abstoßung in Schwebe zu halten. Dann agglomerieren und sedimentieren sie. Bei gleichzeitiger Gegenwart von Albuminen als Schutzkolloiden haften diese hoch negativ geladenen Moleküle auf der Oberfläche des Cholesterins und bilden so stark negativ geladene mit einer Hülle von Solvatationswasser umgebene Teilchen, die sich gegenseitig abstoßen und in der Schwebe halten. Das System ähnelt dann dem der Milch. Andere weniger negativ geladene Eiweißkörper mit einer geringeren Solvathülle wie die Globuline haben diese Schutzfunktionen nicht, da ihre Ladung geringer ist und, falls sie gestreckt sind, infolge weiten Abstands der freien Gruppen auch die elektrostatischen Kräfte unter denen des Albumins liegen. Offenbar führt der Ladungsausgleich mit dem Cholesterin zu dessen Instabilisierung und zur Flockung. In besonders starkem Maße besitzt diese Wirkung das Fibrinogen mit seinem hohen Gehalt an basischen Gruppen des Serins und das basische Eialbumin. Dieses wurde auch von Lichtwitz in seinen Versuchen verwandt. Allerdings führten seine Ergebnisse zu dem irrigen Schluß, die Gegenwart von Eiweißen allgemein führe zu einer Ausfällung durch Cholesterin. Die Untersuchungen über den Eiweißgehalt der Gallenflüssigkeit und das Verhalten von Eiweiß und Cholesterinsolen lassen folgende Vorstellung als wahrscheinlich zu: In der normalen Galle wird das Cholesterin durch die Gegenwart von Albuminen als Schutzkolloiden vor dem Ausfallen geschützt. Abnahme der Albumine, z. B. bei Schädigungen des Leberparenchyms oder Zunahme der Globuline und des Fibrinogens, z. B. bei Entzündungen der Gallenblase, kann zur Destabilisierung des Kolloidsystems mit Ausfällung des Cholesterins und zur Konkrementbildung führen. Die Übertragung

dieser Vorstellungen auf die experimentelle Gallensteinerzeugung im Tierversuch ist noch nicht abgeschlossen.

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Göttingen.

F. Hartmann.

Eingegangen am 29. Juni 1949.

Phosphatunterschiede im Urin von Tumorkranken und Gesunden bzw. Operierten.

1923 entdeckte Otto Warburg den anaeroben Stoffwechsel der Tumorzelle. Neben dem normalen Abbau der Hexose zu $CO_2 + H_2O$ findet eine Spaltung in zwei Moleküle Milchsäure statt. Der Kohlenhydratstoffwechsel ist mit Phosphoryllierungen verbunden.

Von Chomse und Mitarbeitern wurde eine neue Phosphorbestimmungsmethode durch Fällung mit oxychinolinsaurem Molybdän im kolloidalen Medium und anschließender Sedimentation ausgearbeitet, die demnächst erscheinen wird. Mit dieser sehr genau arbeitenden Methode untersuchte ich Urine von Tumorkranken (vor und nach der Operation) und Gesunden. Ich fand relative Werte von 8 bis 10 mm bei Kranken und 18 bis 25 mm bei Gesunden oder Operierten. Die Daten entsprechen etwa 0,8—1,3 g und 2,0—2,5 g P_2O_5. Grobe Untersuchungen im Reagensglas mit Ammoniummolybdatfällung zeigten schon sehr deutliche makroskopische Unterschiede.

Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Es soll versucht werden, vielleicht auf diesem Wege zu einer Frühdiagnose zu kommen.

Chemisches Institut der Universität Berlin.

Viggo Larsen.

Eingegangen am 4. Juli 1949.

Warburg, O., Ideen zur Fermentchemie der Tumoren, Akademieverlag, Berlin (1947).
—, Die katalytischen Wirkungen der lebendigen Substanz, Springer Verlag, Berlin (1928).
—, Über den Stoffwechsel der Tumoren, Springer Verlag, Berlin (1926).
—, Wasserstoffübertragende Fermente, Saenger Verlag, Berlin (1948).

Aufhebung der Mitosegiftwirkung des Colchicins durch herzwirksame Glykoside an Hühnerherzfibroblasten in vitro.

Das Colchicin ist durch die Untersuchungen A. P. Dustins[1]) als starkes Kernteilungsgift bekannt geworden. Ludford[2]) zeigte 1936, daß die Ursache dieses „mitotic poison" in der Beeinflussung der Spindelbildung liegt, wodurch die Metaphasenchromosomen ihrer richtenden Kräfte beraubt werden, und es dabei zur Arretierung der Zellteilung in dieser Phase kommt. Auf der Suche nach chemischen Faktoren, welche die Wirkung der Mitosegifte aufzuheben vermögen, gelang es Lettré[3]), dieses für metallorganische Mitosegifte mit Cystein und für das Trypaflavin mit Nucleinsäuren durchzuführen. Bisher war es aber nicht möglich, die Colchicinwirkung zum Verschwinden zu bringen. Von Törö[4]) liegt eine Angabe vor, wonach sich mit einem aus embryonalem Herzmuskel gewonnenen Extrakt, dem sogenannten Cor-Hormon, die Colchicinwirkung an der Gewebekultur zeitlich hinausschieben läßt, was von Lettré[5]) bestätigt werden konnte. Brachet[6]) zog in seinem Buch „Embryologie chimique" einen Vergleich zwischen der Chromosomenverteilung durch den Spindelmechanismus während der Mitose und den Bedingungen bei der Muskelkontraktion, wobei die Adenosintriphosphatase durch Spaltung von Adenosintriphosphorsäure in Adenosindiphosphorsäure die notwendige Energie liefert. Er schreibt: „Il serait évidement de plus haut intérêt de rechercher si ces notions sont applicables à la cellule en mitose." Nach Potter[7]) stellt die Adenosintriphosphatase einen integrierenden Bestandteil des Protoplasmas dar. Die Gedanken Brachets werden neuerdings unabhängig von diesem von Lettré[8]) diskutiert. Herr Prof. Lettré stellte mir die Aufgabe, die Lokalisation der Adenosintriphosphatase in der Zelle festzustellen.

Ich ging nun in Anlehnung an diese Gedanken von der Annahme aus, daß herzwirksame Glykoside oder ähnlich gebaute Stoffe in irgendeiner Weise mit der Adenosintriphosphatase im Zusammenhang stehen, und ihre Gegenwart für die Adenosintriphosphatase-Aktivität notwendig ist. Diese Überlegung hätte zur Voraussetzung, die Anwesenheit von Herzglykosiden oder chemisch ähnlich strukturierten Stoffen in allen sich teilenden Zellen zu fordern. Daß diese Möglichkeit im Organismus verwirklicht sein könnte, ließe sich aus den Versuchen von Rein[9]) über den Zusammenhang zwischen der Leber und dem Energiestoffwechsel des Herzens folgern. Als Arbeitshypothese nahm er die Existenz eines hepatogenen „Herzhormons" an, das „möglicherweise eine digitalisähnliche, körpereigene Substanz der Steroidgruppe sein könnte". Falls nun eine Beziehung zwischen dem Spindelmechanismus und herzwirksamen Glykosiden über die Adenosintriphosphatase besteht, liegt der Gedanke nahe, daß das Colchicin mit diesem Steroid in Beziehung tritt und so seine hemmende Wirkung auf die Chromosomenverteilung entfaltet. Andererseits müßte bei gleichzeitiger Zuführung von Colchicin und einem Herzglykosid die Colchicinwirkung aufgehoben werden. Nach Lettré[10]) ist als Antagonist des Colchicins ein Sterin denkbar. Da nun die Herzglykoside Steroide darstellen, so ließen sie sich in diese Überlegung einordnen.

Die Versuche wurden an Hühnerherzfibroblasten, die nach der Deckglasmethode gezüchtet waren, ausgeführt. Colchicin in einer Konzentration von 0,016 γ/cm^3 zeigte eine deutliche Mitosehemmung. Als Herzglykosid kam Digipurat zur Anwendung. Der auf 1/10 verdünnte Inhalt einer Ampulle zeigte eine leichte Beeinflussung des Wachstums der Kulturen. Durch Hinzufügen von Digipurat zur Colchicinlösung konnte eine völlige Aufhebung der Mitosehemmung erzielt werden, wobei Colchicin mit 0,016 γ/cm^3 und Digipurat mit 1,6 mg zur Anwendung kam. Die Frage, ob dieser Antagonismus zwischen dem Mitosegift Colchicin und dem Herzglykosid ein spezieller Fall bei Herzzellen darstellt oder sich auch an anderen Zellarten reproduzieren läßt, und ob er sich ferner auch in der Aufhebung der pharmakologischen Wirkung des Colchicins zeigen läßt, muß weiter untersucht werden. Nach Durchführung dieser Versuche erhielt ich Kenntnis von den Untersuchungen Hegglins und Mitarbeitern[11]), denen es mit Strophosid und Digilanid gelang, eine geringgradige, aber regelmäßige Steigerung der Adenosintriphosphatase-Aktivität in Herzmuskelgewebebrei von Ratten zu erzielen, eine Tatsache, die sich gut meinen Überlegungen einfügt. Die darauf mit Digilanid durchgeführten Versuche ergaben eine Aufhebung der karyoklastischen Wirkung von Colchicin durch Digilanid an embryonalen Herzzellen in vitro.

Man kann die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß Colchicin ein Hemmstoff der Adenosintriphosphatase ist, wie es von den schweizerischen Autoren für Chloralhydrat und Urethan gefunden wurde. Doch reichen die bisherigen Befunde nicht aus, um eine nur mittelbare Beteiligung an diesem System auszuschließen.

Herrn Prof. Lettré danke ich für die zur Verfügungstellung des Materials zu dieser Arbeit.

Heidelberg, Institut für experimentelle Krebsforschung der Universität.

Christoph Landschütz.

Eingegangen am 16. Juli 1949.

[1]) Dustin, A. P., Bull. Acad. Méd. Belg., Bruxelles 14, 487 (1934).
[2]) Ludford, R. J., Arch. exper. Zellforsch. 18, 411 (1936).
[3]) Lettré, H. und Lettré, R., Naturwiss., 34, 127 (1947).
Lettré, H. und Lettré, R., Naturwiss. 33, 283 (1947).

[4]) Törö, E. und Vadasz, J., Arch. exper. Zellforsch. 23, 277 (1939).
[5]) Lettré, H., Z. Krebsforsch. 56, 5 (1948).
[6]) Brachet, J., Embryologie chimique, Paris (1946).
[7]) Potter, V. R., Advances in Enzymology, 4, 201 (1944). zit. n. Monné, L., Adv. in Enzymol. 8, 1 (1948).
[8]) Lettré, H., persönl. Mitt.
[9]) Rein, H., Klin. Wschr. 21, 873 (1942)
[10]) Lettré, H., Z. Krebsforsch. 56, 5 (1948).
[11]) Hegglin, R., Grauer, H. und Münchinger, R., Experientia 5, 127 (1949).

Über polyploide Ruhekerne bei Cruciferen.

Das Heterochromatin hat in den letzten Jahren vermehrtes Interesse gewonnen u. a. auf Grund der Arbeiten von Caspersson[1]), wonach es in die Produktion des Cytoplasmaeiweißes eingeschaltet ist. In den ruhenden Zellkernen der Angiospermenfamilie der Cruciferen tritt es bekanntlich in Form zahlreicher, kompakter Schollen (Chromozentren, Prochromosomen) auf; diese stellen Chromosomenteile dar, die sich am Ende der Kernteilung in der Telophase nicht rückbilden[2]), nuclealpositiv sind und sich mit Karminessigsäure färben. Nach verschiedenen Autoren kann ihre Zahl mit der Chromosomenzahl übereinstimmen, ist aber häufig nicht konstant. Zur Klärung der Ursachen dieser Zahlenvariabilität erscheint es notwendig, die Entstehung des Baues der Ruhekerne während bzw. nach der Ontogenese zu verfolgen. Deshalb haben wir zunächst junge, eben aus der Telophase hervorgegangene Ruhekerne von Wurzel- und Sproßmeristemen diploider Pflanzen bezüglich ihrer Chromozentrenverhältnisse analysiert; zur Untersuchung dienten dabei *Raphanus sativus* (mit der diploiden Chromosomenzahl 2n = 18), *Brassica oleracea* (2n = 18), *Brassica Rapa* (2n = 20) und *Sinapis alba* (2n = 24). Es konnte festgestellt werden, daß in sehr jungen Ruhekernen die Zahl der Chromozentren gleich der Chromosomenzahl ist. Dementsprechend ergab sich (bei *Raphanus*) auch eine Gleichheit der Chromozentrenzahl der haploiden Ruhekerne in den Pollenkörnern mit der haploiden Chromosomenzahl[3]).

Nach diesen Befunden erschien es wünschenswert, festzustellen, ob die Erwartung zutrifft, daß in den jungen Ruhekernen auch von tetraploiden Pflanzen, die durch Colchicin hergestellt waren und die also die vierfache Chromosomengrundzahl aufwiesen, die Chromozentrenzahl mit dieser übereinstimmt. Das war bei den vier Arten tatsächlich der Fall. Ferner wurden bei einer Pflanze von *B. Rapa*, die den dreifachen Chromosomensatz und dazu noch 2 Chromosomenfragmente besaß, in den jungen Ruhekernen erwartungsgemäß 32 Chromozentren gezählt. Um noch höhere Polyploidiestufen als die tetraploide zu erhalten, wurden Wurzelspitzen von *Raphanus* 58 Stunden mit 0,1proz. wässeriger Colchicinlösung behandelt; in ihnen fanden sich 8- und 16-ploide Mitosen mit 72 bzw. 144 Chromosomen und dementsprechend junge Ruhekerne mit 72 bzw. 144 und 288 Chromozentren.

Die Chromozentrenzahl etwas älterer Ruhekerne ist, im Gegensatz zu der von jungen Kernen, variabel (die haploiden Kerne wohl ausgenommen); meist ist sie vermindert. Bei einem Vergleich der diploiden und tetraploiden Pflanzen der genannten vier Arten gilt aber, daß jeweils die höchste Chromozentrenzahl in den 2n-Kernen diploider Pflanzen niedriger ist als die niedrigste in den 4n-Kernen von Tetraploiden. Anscheinend besitzen bestimmte Gewebe eine bestimmte durchschnittliche Chromozentrenzahl, die bei den Tetraploiden jeweils doppelt so hoch ist wie bei den Diploiden. Man kann also durch Auszählung der Chromozentren der Ruhekerne, auch solcher aus nicht mehr teilungsfähigen Geweben beispielsweise ausgewachsener Blätter, feststellen, ob man eine di- oder tetraploide Pflanze vor sich hat. Das kann in der Praxis von Vorteil sein. Nebenbei sei bemerkt, daß sich die Chromozentrenzahl künstlicher Tetraploider auch von *Digitalis*, *Cucurbita* und *Salvia* gegenüber der von Diploiden als stark erhöht erwies. — Bisher wurden in den Ruhekernen von diploiden Pflanzen der vier bearbeiteten Cruciferen nie weniger Chromozentren gezählt, als die haploide Chromosomenzahl beträgt; das läßt den Gedanken aufkommen, daß sich hier lediglich Chromozentren homologer Chromosomen miteinander sekundär vereinigen können. Hierüber sind Untersuchungen im Gange.

Bei *R. sativus*, *B. oleracea*, *S. alba* (und *Brassica Napus*) fanden sich gleich unterhalb des Sproßvegetationskegels von diploiden und tetraploiden Keimpflanzen Ruhekerne mit einer Chromozentrenanzahl, die doppelt so hoch war, wie der Erwartung entsprach. Es handelt sich dabei um tetra- bzw. oktoploide Ruhekerne. Dies wird nicht allein bewiesen durch die obige Feststellung der doppelten Chromozentrenzahl bei Tetraploiden, sondern auch durch Beobachtung von ebenfalls unterhalb des Sproßvegetationskegels auftretenden tetraploiden Mitosen in Diploiden und oktoploiden Mitosen in Tetraploiden. In den Metaphaseplatten dieser Mitosen können die Chromosomen zu Paaren geordnet sein; das zeigt, daß die tetra- bzw. oktoploiden Kerne durch Endomitose, d. i. Chromosomenteilung ohne Kernteilung, entstanden sind[4]). *Eine* Ursache der Variabilität der Chromozentrenzahl bei den Cruciferen liegt also in endomitotischer Polyploidisierung mancher Kerne.

Andere Ursachen der Chromozentrenzahlvariabilität sollen durch weitere Untersuchungen aufgeklärt werden.—Angewandte Technik: Nach Feulgen gefärbte Paraffinschnitte, Karminessigsäure-Quetschpräparate; beide Male Fixierung nach Carnoy.

Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung,
Zweigstelle Baden, Ladenburg/Neckar, Rosenhof.

A. Reitberger.

Eingegangen am 15. Juli 1949.

[1]) Caspersson, T., Naturwiss. 29, 33 (1941).
[2]) Heitz, E., Planta (Berl.) 18, 571 (1932).
[3]) Jouvenel-Marcillac, M., fand Übereinstimmung der Chromozentrenzahl mit der Chromosomenzahl in der Mikrospore von Brassiceae. C. r. Acad. Sci. Paris 212, 716 (1941).
[4]) Geitler, L., Erg. Biol. 18, 1 (1941).

Über den Einfluß von Ultraschall auf Aspergillus niger

Es ist bekannt, daß Ultraschall suspendierte biologische Zellen zerstören kann. Uns interessierte die Wirkung solcher Intensitäten, die nicht zur Zellabtötung führen. Wir verwandten für unsere Versuche einen Aspergillus-niger-Stamm, dessen physiologisches Verhalten bekannt ist. Gewisse Stämme von Aspergillus niger bilden auf einer alkalischen Nährlösung mit 2% Rohrzucker und 1% KNO_3 als C- und N-Quelle im Verlaufe ihres Wachstums einen roten Farbstoff, der in die Nährlösung ausgeschieden wird. Der rote Farbstoff ist ein Polyoxy-anthrachinon (E. Dietzel[1])), also eine N-freie Verbindung. Er wird im Verlaufe der Autolyse des Organismus unter Freiwerden von Ammoniak durch Oxydations- und Polymerisationsprozesse in N-haltige, humusähnliche Substanzen umgewandelt. (Küster[2])) Die Beschallung der Pilzsporen erfolgte in einem Glaszylinder, dessen Durchmesser etwas größer als der des Schwingquarzes war. Der Zylinder war auf der einen Seite oder auf beiden Seiten mit einer gespannten Gummimembran verschlossen. Die Beschallung erfolgte immer senkrecht von unten nach oben.

Bei Beschallung von Aspergillus-niger-Sporen-Suspensionen außerhalb des Frosnelschen Interferenzfeldes bei fortschreitenden Wellen bis zu einer Intensität von 5 W/qcm und bis zu einer Dauer von 40 Minuten blieb das Wachstumsverhalten nach Überimpfen der wäßrigen Suspension auf Normalnährlösung mit 1% KNO_3 und 2% Zucker bei einer Brutzimmertemperatur von 25 bis 27° unverändert. In einer weiteren Versuchsreihe wurde in die Sporenaufschwemmung eine Öse mit B. fluorescens gegeben. Beide wuchsen in Dunkelheit nebeneinander ohne erkennbare Beeinflussung. Wurde das Gemisch jedoch beschallt (in der oben angegebenen Weise), so färbte sich die Lösung intensiv grün als Ausdruck für das ungehinderte Bakterienwachstum, das Pilzwachstum wurde jedoch deutlich gehemmt.

Weiter wurden Versuchsreihen an einer wäßrigen Sporenaufschwemmung mit höheren Intensitäten durchgeführt. Da unser Sender im fortschreitenden Wellenfeld keine höhere Intensität als 5 W/qcm abzustrahlen vermag, wurde im stehenden Wellenfeld in einer 4 cm dicken Wassersäule mit freier Oberfläche gegen Luft gearbeitet, wobei wir zusätzlich eine Intensitätssteigerung in der Sprudelspitze erreichen (Füchtbauer-Theismann[3])). Die Beschallungszeiten waren 0, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 110, 120, 150 Minuten. Von jedem Versuch wurden 2 Kolben beimpft. Bereits nach 4 Tagen zeigte sich im Vergleich zur unbeschallten Kontrolle in den Kolben mit 60 und 80 Minuten Beschallung eine wesentlich stärkere Myzelbildung. In den Kolben mit einer Beschallungszeit von über 100 Minuten blieb das Wachstum hinter der Kontrolle zurück. Der Wachstumsvorsprung ließ sich auch bei der Sporen- und Farbstoffbildung beobachten. Das erste Auftreten einer rosa Farbtönung, die sich von Tag zu Tag vertiefte, erschien bei den Kolben mit 60 und 80 Minuten Beschallung zwei bis drei Tage früher (am 7. Tag) als bei der Kontrolle (am 10. Tag). Das Wachstum in den Kolben bei Beschallungszeiten über 100 Minuten blieb während der gesamten Versuchsdauer zurück. Erst am 16. bis 18. Tag trat eine leichte rote Färbung ein.

Schließlich wurden Myzeldecken von 6 Tage alten Kulturen im stehenden Wellenfeld 10 Minuten lang beschallt. Die autolytischen Vorgänge, erkennbar an einem Myzelzerfall, traten bei dem beschallten Myzel früher auf. Die rote Farbstoffbildung, wie sie sonst nach diesem Stadium einsetzt, trat in keinem Fall auf. Die Lösungen färbten sich nur trübgelblich bis bräunlich. Zur Erklärung der gefundenen Effekte muß man mechanische Einwirkung durch den US. annehmen. Die Temperatur in der Versuchslösung wurde während der Beschallung durch eine Kühlvorrichtung annähernd konstant gehalten. Die H_2O_2-Bildung (durch $KMnO_4$-Titration bestimmt) in der Anordnung im stehenden Wellenfeld betrug nach 1stündiger Beschaltung etwa 1,6 mg%, im fortschreitenden Wellenfeld etwa 0,3 mg%. Die H_2O_2-Mengen sind zu gering, um den gefundenen Effekt zu erklären. Lichtmikroskopisch konnte zwischen beschallten und unbeschallten Suspensionen kein Unterschied gefunden werden. In allen Versuchen betrug die Spannung am Quarz 3,4 kV, der im fortschreitenden Wellenfeld in Wasser 5 W/qcm mit der Schalldruckwaage gemessen entspricht. Der Quarz hatte bei Abstrahlung in Wasser einen wirksamen Durchmesser von 19 λ, die Ultraschall-Frequenz betrug 800 kHz.

Aus dem Institut für Mikrobiologie der Universität Göttingen (Dir.: Prof. Dr. A. Rippel-Baldes) und der Universitäts-Hautklinik Göttingen (Dir.: Prof. Dr. H. G. Bode).

Eberhard Küster und Hans Theismann.

Eingegangen am 9. Juli 1949.

[1]) Dietzel, E., Nach mündlicher Mitteilung.
[2]) Küster, E., Arch. f. Mikrobiol. 14, im Druck (1948).
[3]) Füchtbauer-Theismann, Naturwissenschaften, im Druck.

Über die Letalschädigung von Drosophila-Eiern durch Röntgenstrahlen und schnelle Elektronen eines 6 MeV-Betatrons.

Zum Studium des biologischen Wirkungsunterschiedes zwischen schnellen Elektronen einer Elektronenschleuder und den Sekundärelektronen einer 180-kV-Röntgenstrahlung wurde die Letalschädigung von Drosophila-Eiern verschiedenen Alters in Abhängigkeit von der eingestrahlten Dosis untersucht. Durch die Arbeiten von Langendorff und Sommermeyer u. a. mit Röntgenstrahlen ist diese strahlenbiologische Reaktion gut bekannt. Dosiseffektkurven wurden für Eier mit einem Alter von 3, 4 und $7^1/_2$ Stunden nach Beginn der Eiablage ermittelt.

Zur Gewinnung von Eiern der Drosophila melanogaster wurden Legeglocken, die stark vergorenen Nährboden aus Maisgrieß, Sirup und Hefe enthielten, mit 3 bis 8 Tage alten Fliegen beschickt und danach jeweils für 2 h bei den 3-Stunden-Eiern bzw. für $2^1/_2$ h bei den 4- und $7^1/_2$-Stunden-Eiern im Thermostaten bei 23° C (3- und 4-Stunden-Eier) bzw. 20° C ($7^1/_2$-Stunden-Eier) belassen. Die Eier wurden mit Präpariernadeln vom Nährboden abgesammelt und zu jeweils 1000 auf einer etwa 2 mm dicken Gelatineplatte ausgebreitet. Die spontane Schädigungsrate der Kontrollserien betrug 6 bis 8%. Die Eier der Kontroll- und Bestrahlungspräparate entstammten den gleichen Gelegen. Bei Berücksichtigung einer Sammelperiode von 2 bzw. $2^1/_2$ h ergibt sich zum Zeitpunkt der Bestrahlung für die 3-Stunden-Eier ein wahres mittleres Alter

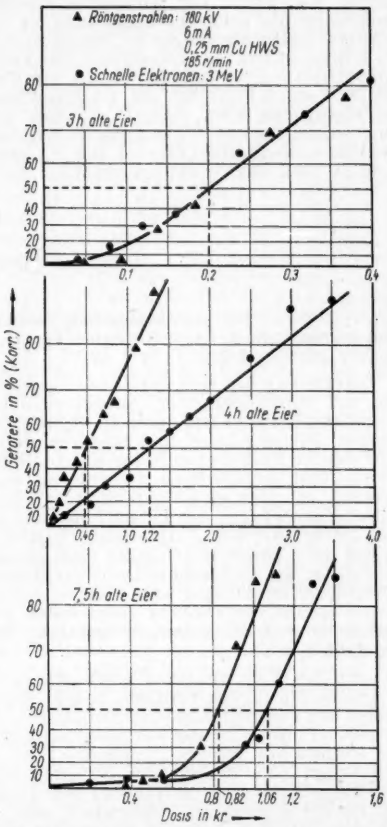


Fig. 1. Strahlenabtötung von Drosophila-Eiern verschiedenen Alters durch Röntgenstrahlen (180 kV) und schnelle Elektronen (3 MeV).

von 2 h, für die 4-Stunden-Eier ein solches von $2^3/_4$ h, für die $7^1/_2$-Stunden-Eier ein mittleres Alter von $6^1/_4$ h. Die Elektronenbestrahlungen wurden mit der Göttinger 6-MeV-Elektronenschleuder der Siemens-Reiniger-AG durchgeführt. Die benutzte Elektronenenergie betrug 3 MeV. Die Röntgenstrahlen (180 kV, Filterung 0,5 mm Al, HWS 0,25 mm Cu) wurden von einer Doglas-Therapieröhre geliefert. Die Dosismessung in *r* erfolgte ionometrisch mit einer Siemens-Fingerhutkammer, die sich in der Mitte der 2 × 6 cm großen Präparate befand. Die Dosisleistung konnte zwischen 160 und 700 r/min so variiert werden, daß die Bestrahlungszeit bei allen Dosen unter 5 min lag. Nach der Bestrahlung blieben die Präparate bis zur Auszählung in feuchten Kammern im Thermostaten bei den oben angegebenen Temperaturen. Als sicher letalgeschädigt galten die Eier, aus denen 72 h nach der Bestrahlung keine Larven geschlüpft waren.

Die Fig. 1 zeigt die nach Berücksichtigung der Spontanschädigung gefundenen Dosiseffektkurven im halblogarithmischen Raster. Der lineare Anstieg der

Schädigungskurven bei den 4-Stunden-Eiern ist Ausdruck einer exponentiellen Dosisabhängigkeit der Letalschädigungsrate und weist somit auf das Vorliegen von Eintrefferreaktionen hin. Der Kurvenverlauf bei den anderen Altersklassen ist typisch für Mehrtrefferreaktionen. Die formalen Trefferzahlen (n) wurden nach dem Jordanschen Verfahren ermittelt. Bei den 3-Stunden-Eiern ergibt sich für beide Strahlenarten n = 2, bei den $7^1/_2$-Stunden-Eiern findet man n (Rö) = 23 und n (El) = 27. Diese Werte sind in guter Übereinstimmung mit den Trefferzahlen, die von Langendorff und Sommermeyer[1]) bei Röntgenstrahlen gefunden wurden.

Während die Form der Dosiseffektkurven bei Röntgenstrahlen und schnellen Elektronen für die einzelnen Altersklassen die gleiche ist, findet man bei 4- und $7^1/_2$-Stunden-Eiern ein unterschiedliches Verhalten in der quantitativen Wirkung der beiden Strahlungen. Bei den 4-Stunden-Eiern ist die Halbwertdosis für schnelle Elektronen etwa $2^1/_2$mal so groß wie für Röntgenstrahlen. Die relative biologische Wirksamkeit schneller Elektronen beträgt hier 0,4. Bei $7^1/_2$-Stunden-Eiern ergibt sich das Wirkungsverhältnis schneller Elektronen im Vergleich zu Röntgenstrahlen zu 0,8; bei 3-Stunden-Eiern liegt es bei 1.

Die Frage, ob diese Ergebnisse nur auf die unterschiedliche differentiale Ionisation zurückzuführen sind oder ob auch die impulsmäßige Einstrahlung der Elektronen beim Betatron (500 Impulse/sec) von Bedeutung ist, kann noch nicht entschieden werden.

Strahlenbiologische Abteilung der Universitäts-Frauenklinik (Dir.: Prof. Dr. H. Martius) und II. Physikalisches Institut der Universität Göttingen.

H. Faß, G. Höhne,
W. Paul und G. Schubert.

Eingegangen am 5. Juli 1949.

[1]) Langendorff, H., und Sommermeyer, K., Strahlentherapie 68, 42 (1940).

Berichtigung: In Heft 6, Seite 185, 19. Zeile von oben muß es richtig heißen: 1 bis 2 Sekunden anstatt Minuten.

Besprechungen.

Hartmann, Max. **Die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaft.** Gustav Fischer Verlag, Jena 1948, XII, 238 S., 4 Fig.

Max Hartmann hat sich durch seine zahlreichen Arbeiten zur Philosophie der Naturwissenschaften ebenso verdient gemacht wie durch seine biologischen Forschungen. Vielen älteren und jüngeren Biologen, sicher auch vielen Philosophen hat er durch die Kritik an haltlosen und leichtfertigen naturphilosophischen Spekulationen geholfen, eine solide Stellungnahme zu den theoretischen Fragen der Lebensforschung zu erarbeiten. Daher werden Naturwissenschaftler und Philosophen dem Verfasser für seine neue umfassendere Darstellung der philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaften dankbar sein. Hier ist alles, was Hartmann in den vergangenen Jahrzehnten durchdacht hat, nochmals bearbeitet, fortgeführt und zusammengefaßt worden.

Wenn auch das Werk an dieser Stelle eine umfangreiche kritische Würdigung verdient, zwingt doch der Platzmangel den Referenten, dessen Auffassungen sich sehr weitgehend mit denen des Verfassers decken, nur kurz den Aufbau des Werkes anzudeuten. Der erste Hauptteil bringt eine Theorie der Naturerkenntnis, die in sehr enger Anlehnung an Nicolai Hartmanns „Metaphysik der Erkenntnis" entwickelt wird. Der Methodik der Naturforschung ist der zweite Hauptteil gewidmet. Hier werden die Elemente der Naturforschung, Analyse, Synthese, Induktion und Deduktion, sowie im Anschluß daran „das vierfache Methodengefüge der Induktion" sorgfältig dargestellt und an Beispielen aus allen Disziplinen der Naturwissenschaft erläutert. Ebenso wichtig ist auch der dritte Hauptteil, der in reicher Auswahl erkenntniskritische und methodologische Einzelprobleme der neueren Naturwissenschaft erörtert. Dabei nimmt der Verfasser zu den aktuellen Fragen über Raum und Zeit in der Physik, über Kausalität, Quantenmechanik usw. Stellung. Zum Schluß kommt er dabei wieder auf die alten Streitfragen seiner eigenen Wissenschaft zurück, er bespricht das Leib-Seele-Problem (damit eine Kritik an der „Tierpsychologie" verbindend) und diskutiert schließlich auch noch einmal die mechanistischen und vitalistischen Vorstellungen.

Es gibt wohl kein Werk, das so sehr wie dieses als zuverlässiger Führer zur Erarbeitung eines eigenen Standpunktes zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaft empfohlen werden kann. Es wird eben kaum einen zweiten Naturwissenschaftler geben, der so vollständig wie Hartmann nicht nur sein eigenes Forschungsgebiet beherrscht, sondern in alle aktuellen Probleme der experimentellen Forschung eingedrungen ist, der aber zudem ein sorgfältiger und kritischer, gründlich geschulter Philosoph ist.

E. Bünning.

Eingegangen am 3. August 1949.

Finkelnburg, Wolfgang, **Einführung in die Atomphysik.** Mit 195 Abb. VIII, 339 Seiten, 1948. Preis 28 DM.

Seinem bekannten Buch über „Kontinuierliche Spektren" hat der Verfasser nun eine „Einführung in die Atomphysik" folgen lassen. Damit ist endlich *das* Buch über Atomphysik geschrieben worden, welches man wegen seiner guten Verständlichkeit bei aller Exaktheit der Ausdrucksweise als eine wirkliche geschlossene Einführung in das Gesamtgebiet der Atomphysik (vgl. die Inhaltsübersicht am Schluß des Referats) nicht nur jedem angehenden Physikstudenten, sondern auch interessierten Laienkreisen ruhig in die Hand geben kann. Diese Feststellung soll nicht etwa eine vielleicht degradierende Einreihung des Buches in die sogenannte populäre Literatur bedeuten, sondern eine besondere Anerkennung an die bewährte Darstellungskunst des Verfassers, welche auch die schwierigeren Probleme der Atomphysik mit wenigen Worten verständlich machen kann.

Die ganze Anlage und Durchführung lassen erkennen, daß dieses Buch aus Liebe zur Sache und aus einer wahren Begeisterung für die innere Schönheit und Geschlossenheit der Atomphysik geschrieben ist. Man kann immer wieder die Absicht des Verfassers feststellen, weniger die ausführliche Kenntnis spezieller Probleme zu vermitteln, als eine Übersicht über die grundlegenden Erfahrungstatsachen und die sie deutenden theoretischen Vorstellungen auf dem Gebiet der Atom-, Molekül- und Kernphysik zu geben. Daher finden sich erfreulicherweise im Buch weder zu sehr ins einzelne gehende Beschreibungen von Versuchsanordnungen, noch ausführliche theoretische Begründungen. Eine Ausnahme bilden nur einige Rechnungen zur Integration der Schrödingergleichung; doch wäre es vielleicht im Sinne der Geschlossenheit der Darstellung besser, in einer eventuellen Neuauflage auch diese Rechnungen durch eine mehr qualitative Betrachtung zu ersetzen. Verbesserungsbedürftig erscheint außer einigen Druckfehlern (z. B. S. 44, Element 62 ist Sm; S. 172, Formel (201); S. 175, Angabe der Drehimpuls-Quantenzahl in Fig. 107) noch die Darstellung des Starkeffektes auf S. 125 insofern, als

ein elektrischer Dipol im elektrischen Feld nicht präzessiert, sondern pendelt. Ferner fällt auf, daß in die Tabelle 3, die ausdrücklich nur die stabilen Isotope enthalten soll, auch die natürlich radioaktiven Isotopen mit $z > 82$ aufgenommen sind. Ferner wäre eine etwas eingehendere Begründung der Energiebilanz bei den Zerstrahlungsprozessen auf S. 232 wünschenswert. Doch handelt es sich bei den angegebenen Punkten nur um Kleinigkeiten, die den Wert des Buches in keiner Weise herabmindern. Im Gegenteil, je weiter man sich in das Buch vertieft, um so mehr muß man die Zuverlässigkeit und Verständlichkeit der Darstellung bewundern.

Die umfassende Anlage des Buches und sein reichhaltiger Inhalt ergibt sich aus den Kapitelüberschriften:

I. Einleitung.
II. Atome, Ionen, Elektronen, Atomkerne.
III. Atomspektren und Atombau.
IV. Die quantenmechanische Atomtheorie.
V. Die Physik der Atomkerne.
VI. Physik der Moleküle.
VII. Der flüssige und feste Zustand der Materie vom Standpunkt der Atomphysik.

F. Sauter.

Eingegangen am 16. Juli 1949.

J. D'Ans und E. Lax, **Taschenbuch für Chemiker und Physiker.** Mit 350 Abbildungen und graphischen Darstellungen, zweite berichtigte Auflage, VIII, 1896 Seiten 8°. 1949. Ladenpreis gebunden: 36 DM.

Wie im Vorwort angegeben, ist das nunmehr in der zweiten Auflage vorliegende Taschenbuch für Chemiker und Physiker dazu bestimmt, das Chemiker-Taschenbuch, welches früher als Chemiker-Kalender herauskam, abzulösen. Die bewährten Tabellen dieses Werkes dienten als Grundlage für die neue Bearbeitung. Unter den Händen der Herausgeber ist ein völlig neues Werk entstanden. Der alte Chemiker-Kalender war im wesentlichen auf die Bedürfnisse des technischen Chemikers zugeschnitten. Das Taschenbuch von D'Ans und Lax ist dagegen ein *Tabellenwerk*, welches für den großen Kreis aller naturwissenschaftlich in Industrie und Forschung Tätigen bestimmt ist und nun wirklich alles enthält, was diesem Benutzerkreise an wichtigen und grundsätzlichen Ergebnissen zur Hand sein sollte. Die Bedeutung dieses Werkes kann kaum überschätzt werden und Verfassern und Bearbeitern gebührt der Dank aller jener, die sich täglich seiner bedienen und sich in dem handlichen Buche Auskunft holen können, welche sie bisher nur in den naturgemäß nicht überall zugänglichen großen physikalisch-chemischen Tabellenwerken fanden.

Für die Ingenieurwissenschaften existiert bereits seit langem das Handbuch „Die Hütte" als umfassendes und wohlfeiles Nachschlagewerk. Für die Physik und die physikalische Chemie gab es dergleichen bisher nicht. Erst mit dem Erscheinen des D'Ans-Lax wurde in der deutschen Literatur diese Lücke ausgefüllt, welche in den angelsächsischen Ländern nicht bestand. Die entsprechenden Werke sind hier das „Handbook of Chemistry and Physics", herausgegeben von Charles D. Hodgman, welches 1946 in der 30. Auflage, und „Langes Handbook of Chemistry", welches im gleichen Jahre in der 6. Auflage erschien.

Da die 1. Auflage des Taschenbuches bereits 1943 erschienen ist, erübrigt es sich, an dieser Stelle einen Überblick über seinen Inhalt zu geben. Zur Charakterisierung sei nur ein kurzer Vergleich mit den drei andern zitierten Werken durchgeführt. Diese berücksichtigen nach Ansicht des Referenten stärker die Bedürfnisse des Chemikers. Beim Chemiker-Kalender geschieht das durch verhältnismäßig ausführliche Darstellung technischer Untersuchungsmethoden. Diese sind in dem neuen Taschenbuch größtenteils weggefallen, dagegen sind die Tabellen in neuer Bearbeitung z. T sehr erheblich erweitert übernommen worden. Mag der eine oder andere Benutzer dieses auch bedauern oder bemängeln, so kann man ihm entgegenhalten, daß durch das Anwachsen des Tatsachenmaterials der Raum für eine derartig breite Darstellung fehlt, und daß zuverlässige Zahlenangaben wohl in den meisten Fällen wertvoller sind als eine mehr Raum beanspruchende Arbeitsvorschrift. Schließlich befinden sich bei jeden der sehr knapp dargestellten Sondergebiete noch einige Literaturhinweise, die das Gesuchte aufzufinden gestatten. Die wohl am häufigsten benutzte Tabelle des Chemiker-Kalenders mit den physikalischen Eigenschaften organischer Verbindungen ist in dem neuen Taschenbuch um etwa 50% vergrößert worden und wird ergänzt durch eine Sondertabelle mit Brechungsindizes. Gerade diese Tabelle ist in den beiden obenerwähnten amerikanischen Handbüchern noch weit ausführlicher. Sie enthält Angaben von etwa doppelt soviel Verbindungen als der D'Ans-Lax. Dagegen ist das Material in jenen Werken bezüglich der physikalischen Daten, z. B. auf kristallographischem und spektroskopischem Gebiet weniger vollständig. Ein besonderer Vorteil des D'Ans-Lax sind die zahlreichen graphischen Darstellungen, wie sie z. B. für die Zustandsdiagramme von Legierungen und siedenden Zweistoffgemischen und für Absorptionsspektren organischer Moleküle, aber auch sonst über das ganze Werk verstreut gegeben werden, und die den Überblick über ein Gebiet namentlich für denjenigen erleichtern, der der betreffenden Sache ferner steht. Im ganzen gewinnt man den Eindruck, daß der D'Ans-Lax von den hier erwähnten Werken das vielseitigste ist. Daß es noch Wünsche offenläßt, ist selbstverständlich. Sie sind jedoch bei der Vielseitigkeit des Benutzerkreises wohl schwer erfüllbar. Dem Referenten scheint jedoch ein Wunsch allgemein zu sein, nämlich eine Neuauflage so zu verbessern, daß ein schnelles Auffinden des Gesuchten erleichtert wird. Dieses könnte in einfacher Weise durch Erweiterung des Sachregisters geschehen.

Die jetzt erschienene 2. Auflage ist lediglich ein Neudruck der ersten, der ein sehr kleines Druckfehlerverzeichnis beigefügt ist. Bedauerlich ist, daß eine der zwei einzigen berichtigten Zahlenangaben durch einen Druckfehler entstellt ist (Methan Kp—116,7° statt wahrscheinlich —161,7°). Im einzelnen sind dementsprechend in der 2. Auflage noch eine Reihe von Druckfehlern stehengeblieben, deren Beseitigung der Benutzer gerne gesehen hätte. Diese Tatsache beeinträchtigt jedoch kaum den eingangs erwähnten außerordentlichen Wert des Taschenbuches. Man kann nur wünschen, daß es noch eine Reihe weiterer Auflagen erleben und stets dem Fortschritt der Wissenschaft angepaßt bleiben möge.

W. Hunsmann.

Eingegangen am 16. Juli 1949.

Went, F. W., **The Earhart Plant Research Laboratory.** (Chronica Botanica Reprint No 2, 1949, Waltham, Massachussetts, The Chronica Botanica Co.)

Eine der Hauptschwierigkeiten bei physiologischen Versuchen mit größeren Pflanzenmengen besteht darin, daß es in gewöhnlichen Gewächshäusern nicht möglich ist, die Außenfaktoren einigermaßen konstant zu halten. Nicht nur ist die Lichtintensität, sondern in noch viel störenderem Maße die Temperatur und zum Teil auch die Luftfeuchtigkeit in ihnen infolge der Besonnung außerordentlich großen Schwankungen unterworfen. Es stellte daher einen großen Fortschritt dar, als 1940 auf Anregung Fritz v. Wettsteins im Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Dahlem „Klimakammern" eingerichtet wurden. In ihnen ist ganz auf natürliche Beleuchtung verzichtet, sie wird

durch elektrisches Licht ersetzt. Außerdem sind besondere Einrichtungen getroffen, um sowohl die Temperatur wie die Luftfeuchtigkeit auf beliebige Höhe einzustellen und konstant zu halten. In jeder Kammer können etwa ein halbes Hundert Pflanzen unter völlig kontrollierten Bedingungen aufgezogen werden. Die elektrische Beleuchtung ist aber schwer in der erforderlichen Intensität herzustellen und ist auch nicht ganz frei von Nachteilen für die Entwicklung der Pflanzen, so daß man neuerdings in Amerika wieder zur Sonnenbeleuchtung zurückgekehrt ist, deren Nachteile aber in den modernsten Gewächshauslaboratorien des *California Institute of Technology* in *Pasadena (Earhart Plant Research Laboratory)*, die am 7. Juni 1949 eröffnet worden sind, vermieden werden. Alle klimatischen Faktoren, wie Licht, Temperatur, Feuchtigkeit, Gasgehalt der Luft, Wind, Regen und Nebel, können in ihnen gleichzeitig beliebig und unabhängig voneinander eingestellt werden.

Das unter Leitung von F. W. Went stehende Institut ist mit einem Aufwand von fast einer halben Million Dollar Stiftungsgeldern erbaut worden und wird in Amerika „*Phytotron*" genannt, weil man sich von ihm ähnliche Erfolge für die reine wie angewandte Botanik verspricht, wie sie das Cyklotron für die Physik ergeben hat. Das Gebäude hat in zwei Stockwerken etwa 50 Räume, von denen 6 *Gewächshäuser* (die 4 größeren mit je 6 × 7 m Grundfläche), 11 *Dunkelzimmer* und 9 *Hellaboratorien* sind, die alle bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit gehalten werden können; in den Dunkelzimmern kommt noch konstante elektrische Beleuchtung durch eine Kombination von dicht gelagerten und überbelasteten Quecksilberdampfröhren und Glühbirnen hinzu.

Temperaturkonstanz wird, abgesehen von den Räumen mit besonders niedriger Temperatur, die direkt an eine Kältemaschine angeschlossen sind, durch Röhrensysteme mit fließendem Warm- bzw. Kühlwasser (+ 2° C) erzielt, durch über die Glasdächer der Gewächshäuser ständig fließendes Kühlwasser und vor allem durch ununterbrochenes Einpressen und Wiederableiten von temperierter Luft, die zudem durch ein besonderes System auf einen *bestimmten Feuchtigkeitsgehalt* gebracht ist. Je eines der Gewächshäuser und Dunkelzimmer ist auf 30, 26, 23, 20, 17 und 14° C eingestellt, wozu u. a. noch Dunkel- und Hellzimmer mit 10, 6 und 3° C kommen. In den Gewächshäusern wird die *Temperatur nachts* um eine bestimmte Anzahl von Graden gesenkt, wobei der Übergang von der Tag- zur Nachttemperatur entweder zu beliebiger Zeit durch eine einstellbare Schaltuhr oder automatisch mit Eintritt der Dunkelheit durch eine Photozelle herbeigeführt werden kann. Die Luft bewegt sich in allen Räumen mit konstanter Geschwindigkeit von 10 m/Minute gleichmäßig vom Boden aufwärts. Für größere Windgeschwindigkeiten ist ein besonderer Raum mit einem *Windkanal* vorhanden, in dessen beiden voneinander unabhängigen Hälften die Pflanzen (allerdings nur wenige) verschiedenen Luftbewegungen bis zu 500 m/Minute ausgesetzt werden können. In einem anderen Raum kann *künstlicher Regen* (aus entionisiertem Wasser) von verschiedener Intensität und Tropfengröße, sowie *Nebel* von verschiedener Dichte erzeugt werden. In zwei *Gaskammern* und *Radioaktivitätsräumen* läßt sich die Einwirkung von besonderen Gasgemischen (u. a. Rauchgasen) oder von C_{14} auf die Pflanzen untersuchen; diese Räume können auch als Quarantäne dienen. In den normal durchlüfteten Räumen und Gewächshäusern läßt sich die relative Luftfeuchtigkeit nicht tiefer als auf höchstens 40% senken, deshalb ist ein besonderes Zimmer vorhanden, in dem die *Lufttrockenheit* weiter herabgemindert werden kann. Die Steuerung des ganzen Systems geschieht von einer Zentrale aus, wo sich zahlreiche Meßinstrumente befinden, durch die u. a. auch der *Kohlensäuregehalt der Luft* in 12 verschiedenen Räumen und Gewächshäusern gleichzeitig kontrolliert werden kann. In keinem der Räume sind fest eingebaute Arbeitstabletten vorhanden, sondern die Pflanzen stehen auf fahrbaren galvanisierten Stahltischen (trucks), die zu Zügen vereinigt durch einen elektrischen Traktor von Raum zu Raum gefahren und so je nach Wunsch ständig unter wechselnde Bedingungen gebracht werden können. Auf die gleiche Weise werden die Pflanzen unter Behälter mit *Nährlösungen* gefahren, die in verschiedenen Konzentrationen vorrätig sind, oder zu Zapfhähnen mit *entionisiertem Wasser* bzw. in besondere Räume, in denen sie mit *Zucker-* oder anderen *Chemikalienlösungen* besprüht werden können. Ein wohl durchdachtes System von farbigen Zeichen, die sich an den Räumen wie an den trucks befinden, erlaubt dabei mit einem Blick festzustellen, ob die jeweilige Stellung der trucks richtig ist.

Eine der *hervorstechendsten Besonderheiten* des Instituts ist, daß seine sämtlichen Gewächshäuser, Zimmer, Flure usw., also das ganze Haus und alle darin enthaltenen Gegenstände *steril* sind, um jegliche *Erkrankungen* der Pflanzen durch Infektionen auszuschließen. Es gibt daher kein einziges zu öffnendes Fenster in dem ganzen Gebäude, alle Abflußöffnungen sind mit Glaswollefiltern und alle Dampf- oder Gasaustrittstellen mit feinen Schirmen (screen) versehen, und die gesamte Luft im ganzen Haus steht unter leichtem Überdruck. Die erste Sterilisation des Gebäudes nach seiner Fertigstellung wurde durch wiederholte *Vergasung* erreicht. Alle später in das Haus gelangenden Gegenstände einschließlich der in ihnen arbeitenden Personen müssen, soweit es praktisch möglich ist, frei von Keimen von Pflanzenkrankheitserregern gemacht werden. Das Haus hat daher nur eine einzige Tür, die in Waschräume führt, in denen das Personal sich zu waschen, völlig umzukleiden und mit einer Haube zu versehen hat. Wasser, Erde, Töpfe usw. werden in das Haus durch eine *Sterilisationsschleuse* gebracht, in der sie durch Dampf sterilisiert werden. Die *Luft* für das ganze Haus wird zunächst durch ein mit 13 000 Volt aufgeladenes Gitter ionisiert, dann zwischen Metallplatten hindurchgeleitet, die mit 6500 Volt geladen sind, wodurch alle geladenen Partikelchen von den Platten angezogen und von einem ihre Oberfläche überziehenden dünnen Ölfilm festgehalten werden. Alle Sterilisationsmaßnahmen werden auf das sorgfältigste beachtet, denn bei einer Infektion des Hauses würde — abgesehen von dem Zeitverlust durch die Neuanzucht der Pflanzen — die erneute Sterilmachung des Gebäudes etwa 10 000 Dollar kosten. In dem Gebäude befindet sich deshalb auch ein steriles Lager von Holz- und Metallgegenständen, wie sie für kleinere Reparaturen erforderlich sind

Für *photographische Aufnahmen* braucht ein truck nur auf eine markierte Stelle unter einem konstant eingestellten Photoapparat gefahren zu werden, worauf durch einen Tritt auf einen Hebel das Licht ein- und ausgeschaltet und eine photographische Gipfel- und gleichzeitig Seitenaufnahme der auf dem truck stehenden Pflanze gemacht und der Film weitergedreht wird. Die Aufnahme erhält automatisch eine fortlaufende Nummer sowie Tag und Tageszeit der Exposition. Dabei hat man sich großzügig über die *christliche Zeitrechnung hinweggesetzt* und zählt die Tage vom Eröffnungstag des Phytotrons an! Auch Stunden und Minuten sind abgeschafft und der Tag ist in *Zentitage* (ein Zentitag = 14 Minuten, 24 Sekunden) eingeteilt. Jeder neue Tag beginnt um 8 Uhr bürgerlicher Zeit mit 0 Zentitag, so daß z. B. 14 Uhr = 25 Zentitag ist. Auch die Uhren im Hause zeigen die Zeit in Zentitagen an. Man verspricht sich daraus eine Vereinfachung der zeitlichen Berechnung bei experimentellen Einzelheiten.

Die jährlichen Betriebskosten des Instituts werden auf 40 000 Dollar geschätzt. Über die Bewährung im einzelnen liegen noch keine Erfahrungen vor; darüber soll erst berichtet werden, wenn das Ganze einige Jahre im Gebrauch gewesen ist. Man darf wohl vor allem gespannt sein, ob es möglich sein wird, jegliche Infektionen wirklich auf die Dauer fernzuhalten.

R. Harder.

Eingegangen am 6. Juli 1949.

Planta Archiv für wissenschaftliche Botanik

unter Mitwirkung von E. Bünning-Tübingen · A. Ernst-Zürich · H. v. Guttenberg-Rostock R. Harder-Göttingen · W. Schumacher-Bonn · G. Tischler-Kiel

Herausgegeben von **Wilhelm Ruhland** und **Otto Renner**

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge in einzeln berechneten Heften.

Soeben erschien: **37. Band, 1. Heft.** Mit 54 Textabbildungen. 148 Seiten. DMark 22.—.

Inhaltsübersicht: **Beiträge zur Stimulation des Pflanzenwachstums.** Von Horst Drawert · **Über den Wasserverbrauch von Pflanzenverbänden.** Von Ulrich Berger-Landefeldt · **Über die Blütenbildung von Kalanchoë Blossfeldiana in verschiedenen Licht-Dunkel-Rhythmen.** Von Richard Harder und Gertrud Gümmer · **Über die Durchlässigkeit dünner Sandschichten für Licht.** Von Curt Hoffmann · **Zytologische Untersuchungen an den Burdonen Solanum nigrum lycopersicum.** Von Franz Brabec · **Polarisationsmikroskopische Untersuchungen an pflanzlichen Spermatozoiden.** Von Hans H. Pfeiffer · **Die Mycorrhiza der Lebermoose mit besonderer Berücksichtigung der thallosen Formen.** Von Marianne Stahl.

Archiv für Mikrobiologie

Zeitschrift für die Erforschung der pflanzlichen Mikroorganismen

Begründet von J. Behrens · F. Boas · A. Rippel

Herausgegeben von **A. Rippel-Baldes** und **R. Harder,** Göttingen

Das Archiv erscheint in zwangloser Folge in einzeln berechneten Heften.

Soeben erschien: **14. Band, 3. Heft.** Mit 51 Textabbildungen. 185 Seiten. DMark 29.60.

Inhaltsübersicht: **Untersuchungen zur Stammfrage bei Azotobacter chroococcum Beij.** Von K. Wilhelm Fischer · **Über die Verbreitung der Erddiatomeen.** Von Inge Brendemühl · **Mikrobiologischer Beitrag zur Klärung der Ursachenfrage in der Meteorobiologie.** Von H. Bortels · **Der biologische Säureabbau im Wein.** Von Karl Rippel · **Notiz über die Wirkung intermittierenden Lichtes auf das Wachstum der Diatomeen.** Von Herta Behrend · **Zur Methodik der Beweglichkeitsprüfung von Mikroorganismen.** Von Erwin Burcik.

Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre

Herausgegeben und geleitet von **H. Bauer · A. Kühn · G. Melchers · F. Oehlkers · K. Pätau · H. Stubbe**

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge in einzeln berechneten Heften.

Soeben erscheint: **83. Band, 1. Heft.** Mit 57 Textabbildungen. 156 Seiten. DMark 23.60.

Inhalt: **Die 15-chromosomigen Mutanten der Oenothera Lamarckiana und ihrer Verwandten.** Von Otto Renner. **Differenzen in der Keimungsgeschwindigkeit zwischen genetisch verschiedenen Pflanzen in Bastardnachkommenschaften.** Von Cornelia Harte · **Über Abänderungen des plasmatischen Erbgutes.** Von Peter Michaelis · **Über ein pleiotropes, labiles Gen bei Petunia nyctaginiflora.** Von Gerhard Benl · **Permeabilitäts-Untersuchungen an polyploiden Zellen.** Von Hans Bogen · **Genetische, entwicklungsphysiologische und morphogenetische Untersuchungen an der Mutante „spermatheca" (spt) von Drosophila melanogaster.** Von Hans Graber · **Neue Versuche über die Wirkungsweise von Chemikalien bei der Auslösung von Chromosomenmutationen.** Von Friedrich Oehlkers und Gertrud Linnert.

Berichte über die gesamte Biologie

Abteilung A:

Berichte über die wissenschaftliche Biologie

Herausgegeben von **E. Bünning,** Tübingen · **K. v. Frisch,** Graz · **M. Hartmann,** Hechingen

Schriftleitung: K. Paech und V. Schwartz

Die Berichte sind ein referierendes Organ, das den ganzen Interessenkreis der Biologie umfaßt. Sie berichten schnell und eingehend über alle wichtigen Publikationen der Weltliteratur. Die Berichte erscheinen in Heften, die zu Bänden von etwa 35 Druckbogen vereinigt werden. Zur Zeit erscheint der 65. Band. Der Preis pro Band beträgt DMark 68.—.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

MÜLLER
MC 50

die bewährte
Feinstruktur-
Röntgenröhre

C.H.F. Müller Aktiengesellschaft Hamburg

ZEISS
MIKROSKOPE

in bekannter Friedens-ausführung wieder kurzfristig lieferbar!

CARL ZEISS JENA

OPTIK CARL ZEISS JENA V E B

Debyeflex Röntgenapparat

für Feinstruktur-Untersuchungen

Aufnahmegeräte
der verschiedensten Art

Rich. Seifert & Co.
Röntgenwerk · Hamburg 13

ELEKTRO - KYMOGRAPHION
NACH PROF. DR. H. DRUCKREY

Ordinatenschreiber
Arbeitssammler
Atempumpe für Kleintiere u. a.

Fordern Sie Angebote von
J. u. A. Bosch Nachf. Siegfried Bosch
Freiburg i. Br., Waldkircherstraße 49

Dr. Johannes Heidenhain (13b) St. Georgen bei Traunstein/Obb
Telefon: Traunwalchen 96 oder 97

Spezialfabrik für Präzisionsteilungen

(Längen- u. Kreisteilungen), Mikroteilungen, Metall- u. Glasteilungen fotochemisch und geätzt, Strichbilder und Testfiguren aller Art

UNSER
WERK
veredelt seit Jahrzehnten die Oberflächen optischer Gläser
VERSPIEGELUNG
aller Art im Hochvacuum und nach chemischem Verfahren in jeder gewünschten Reflexion
OPTISCHE VERGÜTUNG
durch unseren S-Belag
J. D. Möller · Opt. Werke GmbH. Wedel/Holst.

Zu kaufen gesucht: Biochemische Zeitschrift
Chemisches Zentralblatt
Liebigs Annalen der Chemie
Zeitschrift für analytische Chemie
Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft
Hoppe-Seyler's Zeitschrift für Physiolog. Chemie

kompl. Reihen, Teilserien, und Einzelbände aus den Kriegsjahren

Angebote unter N. W. 95 erbeten an diese Zeitschrift.

Veröffentlicht unter Zulassungs-Nr. 48 der Britischen Militärregierung. - Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Arnold Eucken, Göttingen, Bürgerstraße 50. - Für den Anzeigenteil verantwortlich: Hans-Georg Halfter, Berlin W 35, Reichpietschufer. 20 - Druck: A. Bagel, Düsseldorf. - Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg. - Printed in Germany.